

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-311311

(43)Date of publication of application : 07.11.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/31

(21)Application number : 11-121110

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 28.04.1999

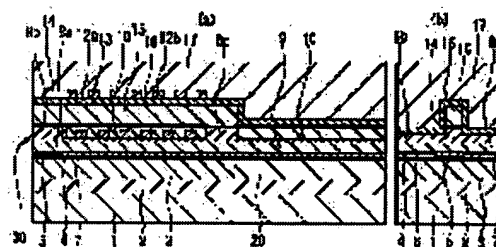
(72)Inventor : SASAKI YOSHITAKA

## (54) THIN-FILM MAGNETIC HEAD AND ITS PRODUCTION

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable the reduction of the track width of an induction type magnetic converting element and the reduction of a magnetic path length.

SOLUTION: The thin-film magnetic head has a reproducing head and a recording head. The recording head has lower magnetic pole layers 8a to 8c and upper magnetic pole layers 15 including magnetic pole portions facing each other via magnetic gap layers 14 and thin-film coils 12a and 12b which partly pass therebetween and helically wound around the upper magnetic pole layers 15. The lower magnetic pole layers 8 have the first portion 8a arranged in the region inclusive of the region facing the first layer portion 12a of the thin-film coils 12a and 12b and the second portion 8b which is connected to the surface on the upper magnetic pole layer 15 side in the first portion 8a and forms the magnetic pole portion. The first layer portion 12a of the thin-film coils 12a and 12b is arranged alongside the second portion 8b. The first layer portion 12b of the thin-film coils is formed via an insulating film 16 on the upper magnetic pole layer 15.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.02.2002

[Date of sending the examiner's decision of 17.02.2004

rejection]

[Kind of final disposal of application other than  
the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's 2004-05610  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's 19.03.2004  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st and 2nd magnetic layers which consist of at least one layer including the magnetic pole part which the part of the side which is connected magnetically and counters a record medium counters mutually through a record gap layer, respectively, A part passes through between said 1st and 2nd magnetic layers in the condition of having insulated to said 1st and 2nd magnetic layers. It has the thin film coil spirally wound focusing on one [ at least ] magnetic layer. And said 1st magnetic layer It has the 1st part which counters said some of thin film coils, and the 2nd part which is connected to the field by the side of said 2nd magnetic layer in said 1st part, and forms a magnetic pole part. Said some of thin film coils The thin film magnetic head characterized by being arranged in the side of the 2nd part of said 1st magnetic layer.

[Claim 2] Said thin film coil is the thin film magnetic head according to claim 1 characterized by having the part spirally wound focusing on said 2nd magnetic layer.

[Claim 3] Said 2nd magnetic layer is the thin film magnetic head according to claim 1 characterized by having the magnetic pole partial layer which forms a magnetic pole part, and the York partial layer which is connected to this magnetic pole partial layer, and forms the York part.

[Claim 4] Said thin film coil is the thin film magnetic head according to claim 3 characterized by having the 1st part which passed through the side of the 2nd part of said 1st magnetic layer, and was spirally wound focusing on said 2nd magnetic layer, and the 2nd part which passed through the side of the magnetic pole partial layer of said 2nd magnetic layer, and was spirally wound focusing on said 2nd magnetic layer.

[Claim 5] Said thin film coil is the thin film magnetic head according to claim 3 characterized by having the 1st part which passed through the side of the 2nd part of said 1st magnetic layer, and was spirally wound focusing on said 1st magnetic layer, and the 2nd part which passed through the side of the magnetic pole partial layer of said 2nd magnetic layer, and was spirally wound focusing on said 2nd magnetic layer.

[Claim 6] The end face of the side which counters the record medium of the York partial layer of said 2nd magnetic layer is the thin film magnetic head according to claim 3 to 5 characterized by being arranged in the location distant from the field which counters the record medium of the thin film magnetic head.

[Claim 7] The thin film magnetic head according to claim 1 to 6 characterized by for the 2nd part of said 1st magnetic layer specifying throat height, and said 2nd magnetic layer specifying recording track width of face.

[Claim 8] Furthermore, the thin film magnetic head according to claim 1 to 7 characterized by having the insulating layer to which some thin film coils arranged in the side of the 2nd part of said 1st magnetic layer were covered, and flattening of the field by the side of said record gap layer was carried out.

[Claim 9] Furthermore, the thin film magnetic head according to claim 1 to 8 characterized by having the 1st for being arranged so that a magnetic resistance element and the part of the side which counters a

record medium may counter on both sides of said magnetic resistance element, and shielding said magnetic resistance element, and the 2nd shielding layer.

[Claim 10] Said 1st magnetic layer is the thin film magnetic head according to claim 1 to 9 characterized by serving as said 2nd shielding layer.

[Claim 11] The 1st and 2nd magnetic layers which consist of at least one layer including the magnetic pole part which the part of the side which is connected magnetically and counters a record medium counters mutually through a record gap layer, respectively, The process which a part is the manufacture approach of the thin film magnetic head equipped with the thin film coil which passes through between said 1st and 2nd magnetic layers, and forms said 1st magnetic layer in the condition of having insulated to said 1st and 2nd magnetic layers, In the process which forms said record gap layer on said 1st magnetic layer, the process which forms said 2nd magnetic layer on said record gap layer, and the condition of having insulated to said 1st and 2nd magnetic layers So that a part may pass through between said 1st and 2nd magnetic layers and it may be spirally wound focusing on one [ at least ] magnetic layer The process which forms said 1st magnetic layer including the process which forms said thin film coil It connects with the field by the side of said 2nd magnetic layer in the 1st part which counters said some of thin film coils, and said 1st part. The process which forms the 2nd part which forms a magnetic pole part, and forms said thin film coil is the manufacture approach of the thin film magnetic head characterized by forming a thin film coil so that said some of thin film coils may be arranged in the side of the 2nd part of said 1st magnetic layer.

[Claim 12] The process which forms said thin film coil is the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 11 characterized by forming the thin film coil which has the part spirally wound focusing on said 2nd magnetic layer.

[Claim 13] The process which forms said 2nd magnetic layer is the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 11 characterized by forming the magnetic pole partial layer which forms a magnetic pole part, and the York partial layer which is connected to this magnetic pole partial layer, and forms the York part.

[Claim 14] The 1st part which the process which forms said thin film coil passed through the side of the 2nd part of said 1st magnetic layer, and was spirally wound focusing on said 2nd magnetic layer, The manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 13 characterized by forming the 2nd part which passed through the side of the magnetic pole partial layer of said 2nd magnetic layer, and was spirally wound focusing on said 2nd magnetic layer.

[Claim 15] The 1st part which the process which forms said thin film coil passed through the side of the 2nd part of said 1st magnetic layer, and was spirally wound focusing on said 1st magnetic layer, The manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 13 characterized by forming the 2nd part which passed through the side of the magnetic pole partial layer of said 2nd magnetic layer, and was spirally wound focusing on said 2nd magnetic layer.

[Claim 16] The process which forms said 2nd magnetic layer is the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 13 to 15 characterized by arranging the end face of the side which counters the record medium of the York partial layer of said 2nd magnetic layer in the location distant from the field which counters the record medium of the thin film magnetic head.

[Claim 17] The process which the process which forms said 1st magnetic layer forms the 1st magnetic layer so that said 2nd part may specify throat height, and forms said 2nd magnetic layer is the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 11 to 16 characterized by forming the 2nd magnetic layer so that said 2nd magnetic layer may specify recording track width of face.

[Claim 18] Furthermore, the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 11 to 17 characterized by including the process which forms the insulating layer to which some thin film coils arranged in the side of the 2nd part of said 1st magnetic layer were covered, and flattening of the field by the side of said record gap layer was carried out.

[Claim 19] Furthermore, the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 11 to 18 characterized by including the process which forms the 1st for being arranged so that a magnetic

resistance element and the part of the side which counters a record medium may counter on both sides of said magnetic resistance element, and shielding said magnetic resistance element, and the 2nd shielding layer.

[Claim 20] Said 1st magnetic layer is the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 11 to 19 characterized by serving as said 2nd shielding layer.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the thin film magnetic head which has an induction type MAG sensing element at least, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the improvement in the engine performance of the thin film magnetic head is called for with improvement in the surface recording density of a hard disk drive unit. The compound-die thin film magnetic head of the structure which carried out the laminating of the reproducing head which reads as the thin film magnetic head with the recording head which has an induction type MAG sensing element for writing, and has the magnetic-reluctance (it is hereafter described also as MR (Magneto-resistive).) component of business is used widely.

[0003] By the way, in order to raise recording density among the engine performance of a recording head, it is necessary to raise the track density in a magnetic-recording medium. It is necessary to realize the recording head of the \*\* truck structure which narrowed width of face in the air bearing side of that lower magnetic pole formed up and down and an up magnetic pole from several microns to the submicron dimension on both sides of the record gap layer, and for that, in order to attain this, the semiconductor processing technique is used.

[0004] Here, with reference to drawing 14 thru/or drawing 17 , an example of the manufacture approach of the compound-die thin film magnetic head is explained as an example of the manufacture approach of the conventional thin film magnetic head. In addition, in drawing 14 thru/or drawing 17 , (a) shows a cross section perpendicular to an air bearing side, and (b) shows the cross section parallel to the air bearing side of a magnetic pole part.

[0005] By this manufacture approach, first, as shown in drawing 14 , the insulating layer 102 which consists of an alumina (aluminum 2O3) is deposited by the thickness of about about 5-10 micrometers on the substrate 101 which consists of ARUTIKKU (aluminum 2O3, TiC). Next, the lower shielding layer 103 for the reproducing heads which consists of a magnetic material is formed on an insulating layer 102.

[0006] Next, on the lower shielding layer 103, sputter deposition of the alumina is carried out to the thickness of 100-200nm, and the lower shielding gap film 104 as an insulating layer is formed. Next, the MR component 105 for playback is formed on the lower shielding gap film 104 at the thickness of dozens of nm. Next, the electrode layer 106 of the pair electrically connected to the MR component 105 is formed on the lower shielding gap film 104.

[0007] Next, the up shielding gap film 107 as an insulating layer is formed on the lower shielding gap film 104 and the MR component 105, and the MR component 105 is laid underground in the shielding gap film 104,107.

[0008] Next, on the up shielding gap film 107, it consists of a magnetic material and the lower [ an up shielding layer-cum-] magnetic pole layer (it is hereafter described as a lower magnetic pole layer.) 108 used to the both sides of the reproducing head and a recording head is formed at the thickness of about 3

micrometers.

[0009] Next, as shown in drawing 15, the record gap layer 109 which consists of an insulator layer, for example, the alumina film, is formed on the lower magnetic pole layer 108 at the thickness of 0.2 micrometers. Next, for magnetic-path formation, the record gap layer 109 is etched partially and contact hole 109a is formed. Next, the up magnetic pole chip 110 which consists of a magnetic material for recording heads is formed on the record gap layer 109 in a magnetic pole part at the thickness of 0.5-1.0 micrometers. At this time, the magnetic layer 119 which becomes coincidence from the magnetic material for magnetic-path formation on contact hole 109a for magnetic-path formation is formed.

[0010] Next, as shown in drawing 16, the record gap layer 109 and the lower magnetic pole layer 108 are etched by ion milling by using the up magnetic pole chip 110 as a mask. As shown in drawing 16 (b), the structure where some each side attachment walls of an up magnetic pole part (up magnetic pole chip 110), the record gap layer 109, and the lower magnetic pole layer 108 were formed perpendicularly in self align is called trim (Trim) structure.

[0011] Next, the insulating layer 111 which consists of alumina film is formed in the whole surface at the thickness of about 3 micrometers. Next, it grinds and flattening of this insulating layer 111 is carried out until it reaches the front face of the up magnetic pole chip 110 and a magnetic layer 119.

[0012] Next, the thin film coil 112 of the 1st layer for the recording heads of the induction type which consists of copper (Cu) is formed on the insulating layer 111 by which flattening was carried out. Next, a photoresist layer 113 is formed on an insulating layer 111 and a coil 112 at a predetermined pattern. Next, in order to make the front face of a photoresist layer 113 flat, it heat-treats at predetermined temperature. Next, the thin film coil 114 of the 2nd layer is formed on a photoresist layer 113. Next, a photoresist layer 115 is formed on a photoresist layer 113 and a coil 114 at a predetermined pattern. Next, in order to make the front face of a photoresist layer 115 flat, it heat-treats at predetermined temperature.

[0013] Next, as shown in drawing 17, the up magnetic pole layer 116 which consists of a magnetic material for recording heads, for example, a permalloy, is formed on the up magnetic pole chip 110, a photoresist layer 113,115, and a magnetic layer 119. Next, the overcoat layer 117 which consists of an alumina is formed on the up magnetic pole layer 116. Finally, a slider is machined, the air bearing side 118 of a recording head and the reproducing head is formed, and the thin film magnetic head is completed.

[0014] In drawing 17, TH expresses throat height and MR-H expresses MR height. In addition, throat height means the die length (height) from the edge by the side of an air bearing side of the part which two magnetic pole layers counter through a record gap layer to the edge of the opposite side. Moreover, MR height means the die length (height) from the edge by the side of the air bearing side of MR component to the edge of the opposite side. Moreover, in drawing 17, P2W express magnetic pole width of face, i.e., recording track width of face. There is an apex angle type (Apex Angle) as shown by theta else [, such as throat height and MR height, ] in drawing 17 as a factor which opts for the engine performance of the thin film magnetic head. This apex angle type says the include angle of the straight line which connects the corner of the side face by the side of the magnetic pole in the coil part (henceforth the apex section) which was covered by the photoresist layer 113,115 and rose in the shape of a crest, and the top face of an insulating layer 111 to make.

[0015]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In order to raise the engine performance of the thin film magnetic head, it is important to form correctly the throat height TH as shown in drawing 17, MR height MR-H, the apex angle type theta, and recording track width-of-face P2W.

[0016] In order to enable high surface density record especially in recent years (i.e., in order to form the recording head of \*\* truck structure), the submicron dimension of 1.0 micrometers or less is demanded of width-of-recording-track P2W. Therefore, the technique of processing an up magnetic pole into a submicron dimension using a semi-conductor processing technique is needed.

[0017] Here, it poses a problem that it is difficult to form minutely the up magnetic pole layer formed on the apex section.

[0018] By the way, as an approach of forming an up magnetic pole layer, as shown in JP,7-262519,A, the frame galvanizing method is used, for example. When forming an up magnetic pole layer using the frame galvanizing method, on the whole, the thin electrode layer which consists of a permalloy is first formed by sputtering on the apex section. Next, on it, a photoresist is applied, patterning is carried out according to a photolithography process, and the frame for plating (outer frame) is formed. And an up magnetic pole layer is formed by the galvanizing method by using as a seed layer the electrode layer formed previously.

[0019] However, there is the difference of elevation 7-10 micrometers or more in the apex section and other parts, for example. On this apex section, a photoresist is applied by the thickness of 3-4 micrometers. Supposing at least 3 micrometers or more of thickness of the photoresist on the apex section are required, since the photoresists with a fluidity gather in the lower one, in the lower part of the apex section, the photoresist film with a thickness of 8-10 micrometers or more will be formed, for example.

[0020] In order to realize recording track width of face of a submicron dimension as mentioned above, it is necessary to form the frame pattern of the width of face of a submicron dimension with the photoresist film. Therefore, a pattern with a detailed submicron dimension must be formed on the apex section with the photoresist film with the thickness of 8-10 micrometers or more. However, it was very difficult on the production process to form the photoresist pattern of such thick thickness by \*\* pattern width of face.

[0021] And at the time of exposure of a photolithography, the light for exposure reflects by the substrate electrode layer as a seed layer, a photoresist exposes, collapse of a photoresist pattern etc. arises and Sharp and an exact photoresist pattern are no longer obtained by this reflected light.

[0022] Thus, when magnetic pole width of face became a submicron dimension conventionally, there was a trouble that it became difficult to form an up magnetic layer with a sufficient precision.

[0023] As drawing 15 of the above-mentioned conventional example thru/or the process of drawing 17 also showed, after forming the width of recording track of 1.0 micrometers or less from such a thing with the up magnetic pole chip 110 effective in formation of the \*\* truck of a recording head, the approach of forming the up magnetic pole layer 116 used as the York part connected with this up magnetic pole chip 110 is also adopted (refer to JP,62-245509,A and JP,60-10409,A). Thus, it becomes possible by dividing the usual up magnetic pole layer into the up magnetic pole layer 116 used as the up magnetic pole chip 110 and the York part to form minutely the up magnetic pole chip 110 which determines the width of recording track by submicron width of face on the flat field on the record gap layer 109.

[0024] However, also in such the thin film magnetic head, there were still the following troubles.

[0025] (1) First, by the conventional thin film magnetic head shown in drawing 17, since the width of recording track of a recording head is prescribed by the up magnetic pole chip 110, it can be said that it is not necessary to process the up magnetic pole layer 116 into about 110 up magnetic pole chip minutely. If the width of recording track of a recording head is set to microscopic Sai, especially 0.5 micrometers or less, also in the up magnetic pole layer 116, the process tolerance of submicron width of face will still be required. However, in the conventional thin film magnetic head, the up magnetic pole layer 116 was difficult to form the up magnetic pole layer 116 minutely for the above-mentioned reason from being formed on the apex section. Moreover, since it needed to connect magnetically to the up magnetic pole chip 110 with narrow width of face, the up magnetic pole layer 116 needed to be formed in width of face larger than the up magnetic pole chip 110. From these reasons, the up magnetic pole layer 116 is formed in width of face larger than the up magnetic pole chip 110 by the conventional thin film magnetic head. Therefore, in the conventional thin film magnetic head, writing was performed by the up magnetic pole layer 116 side, and there was fault which originally writes data also in fields other than the field which should be recorded that the so-called side light was generated, to a record medium. In order that such fault may raise the engine performance of a recording head, when a coil is formed in two-layer or three layers, compared with the case where a coil is formed in one layer, the height of the apex section becomes high and it becomes more remarkable.



[0026] (2) Moreover, in the conventional magnetic head, throat height is determined in the edge of a side far from the air bearing side 118 of the up magnetic pole chip 110. However, if the width of face of this up magnetic pole chip 110 becomes narrow, in photolithography, a pattern edge will be roundish and will be formed. Therefore, the throat height of which a highly precise dimension is required became uneven, and the situation where the balance between the width of recording track of MR component was missing had occurred in processing of the air bearing side 118, and a polish process. For example, as the width of recording track, the edge of a side far from the air bearing side 118 of the up magnetic pole chip 110 by the way which is 0.5-0.6-micrometer need shifted from the throat height zero location (location of the edge by the side of the air bearing side of the insulating layer which determines throat height) to the air bearing side 118 side, the record gap opened greatly, and the problem of the writing of record data becoming impossible often occurred.

[0027] Contraction of the width of recording track of a recording head was difficult conventionally [ the trouble of the above (1) and (2) to ].

[0028] (3) In the further conventional thin film magnetic head, there was a trouble that it was difficult to shorten magnetic-path length (Yoke Length). That is, the recording head which could realize the short head of magnetic-path length and was excellent in especially the high frequency property could be formed so that the coil pitch was small, but when a coil pitch was made small infinite, the distance from a throat height zero location to the periphery edge of a coil had become the big factor which bars shortening magnetic-path length. Since magnetic-path length can do the two-layer coil short rather than the coil of one layer, it has adopted the two-layer coil in the recording head for many RFs. However, by the conventional magnetic head, after forming the coil of the 1st layer, in order to form the insulator layer between coils, the photoresist film is formed by the thickness of about 2 micrometers. Therefore, the small apex roundish [ wore ] is formed in the periphery edge of the coil of the 1st layer. Next, although the coil of a two-layer eye is formed on it, since etching of the seed layer of a coil cannot be performed but a coil short-circuits by the ramp of the apex section in that case, it is necessary to form the coil of a two-layer eye in a flat part.

[0029] When follow, for example, thickness of a coil is set to 2-3 micrometers, thickness of the insulator layer between coils is set to 2 micrometers and an apex angle type is made into 45 degrees - 55 degrees, as magnetic-path length Twice with a distance of 4-5 micrometers which is the distance of a up to [ from the periphery edge of a coil ] near the throat height zero location in addition to the die length of the part corresponding to a coil (4-5 micrometers also of distance from the contact section of an up magnetic pole layer and a lower magnetic pole layer to a coil inner circumference edge are also required.) 8-10 micrometers is required. Die length other than the part corresponding to this coil had become the factor which bars contraction of magnetic-path length.

[0030] Here, the case where the 11-volume coil whose tooth space the line breadth of a coil is 1.0 micrometers and is 1.0 micrometers is formed by two-layer is considered. In this case, as shown in drawing 17 , when it makes the 1st layer into six volumes and a two-layer eye is made into five volumes, the die length of the part corresponding to the coil 112 of the 1st layer is 11 micrometers among magnetic-path length. Die length of a total of eight -10 micrometers is needed for magnetic-path length as a distance to the edge of the photoresist layer 113 for insulating the coil 112 of the 1st layer from the periphery edge and inner circumference edge of a coil 112 of the 1st layer. In addition, as the sign L0 showed magnetic-path length in drawing 17 , the die length of the part except the magnetic pole part of the magnetic pole layers and a contact part expresses with this application. Thus, conventionally, contraction of magnetic-path length is difficult and this had barred the improvement of a RF property.

[0031] By the way, the coil is wound around the curled form in the thin film magnetic head shown in drawing 17 . on the other hand -- U.S. Pat. No. 5,703,740, JP,48-55718,A, JP,60-113310,A, and JP,63-201908,A -- a coil -- a core [ layer / magnetic pole ] -- carrying out -- being spiral (spiral) -- the wound thin film magnetic head is shown. Thus, since the magnetomotive force generated with the coil can be efficiently told to a magnetic pole layer according to the structure which wound the coil spirally, compared with the structure which wound the coil around the curled form, the number of turns of a coil can be lessened, consequently it becomes reducible [ magnetic-path length ].

[0032] However, since the apex section can do a coil also in the conventional thin film magnetic head of the structure wound spirally in this way, the trouble which still originates in the apex section as mentioned above remains.

[0033] This invention was made in view of this trouble, and the purpose is in offering the thin film magnetic head which enabled contraction of the width of recording track of an induction type MAG sensing element, and contraction of magnetic-path length, and its manufacture approach.

[0034]

[Means for Solving the Problem] The 1st and 2nd magnetic layers which consist of at least one layer including the magnetic pole part which the part of the side which the thin film magnetic head of this invention is connected magnetically, and counters a record medium counters mutually through a record gap layer, respectively, A part passes through between the 1st and 2nd magnetic layers in the condition of having insulated to the 1st and 2nd magnetic layers. It has the thin film coil spirally wound focusing on one [ at least ] magnetic layer. And the 1st magnetic layer It has the 1st part which counters some thin film coils, and the 2nd part which is connected to the field by the side of the 2nd magnetic layer in the 1st part, and forms a magnetic pole part, and some thin film coils are arranged in the side of the 2nd part of the 1st magnetic layer.

[0035] The 1st and 2nd magnetic layers which consist of at least one layer including the magnetic pole part which the part of the side which the manufacture approach of the thin film magnetic head of this invention is connected magnetically, and counters a record medium counters mutually through a record gap layer, respectively, The process which a part is the manufacture approach of the thin film magnetic head equipped with the thin film coil which passes through between the 1st and 2nd magnetic layers, and forms the 1st magnetic layer in the condition of having insulated to the 1st and 2nd magnetic layers, In the process which forms a record gap layer on the 1st magnetic layer, the process which forms the 2nd magnetic layer on a record gap layer, and the condition of having insulated to the 1st and 2nd magnetic layers So that a part may pass through between the 1st and 2nd magnetic layers and it may be spirally wound focusing on one [ at least ] magnetic layer The process which forms the 1st magnetic layer including the process which forms a thin film coil The process which forms the 1st part which counters some thin film coils, and the 2nd part which is connected to the field by the side of the 2nd magnetic layer in the 1st part, and forms a magnetic pole part, and forms a thin film coil A thin film coil is formed so that some thin film coils may be arranged in the side of the 2nd part of the 1st magnetic layer.

[0036] the thin film magnetic head or its manufacture approach of this invention -- a thin film coil -- a part -- between the 1st and 2nd magnetic layers -- passing -- and a core [ magnetic layer / one / at least ] -- carrying out -- being spiral (spiral) -- it is prepared so that it may be wound. Thereby, contraction of magnetic-path length is attained. Moreover, in this invention, the 1st magnetic layer has the 1st part which counters some thin film coils, and the 2nd part which is connected to the field by the side of the 2nd magnetic layer in the 1st part, and forms a magnetic pole part, and some thin film coils are arranged in the side of the 2nd part of the 1st magnetic layer. This becomes possible to form the 2nd magnetic layer on a flat field, consequently contraction of the width of recording track of a recording head is attained.

[0037] Moreover, by the thin film magnetic head or its manufacture approach of this invention, a thin film coil has the part spirally wound focusing on the 2nd magnetic layer.

[0038] Moreover, by the thin film magnetic head or its manufacture approach of this invention, the 2nd magnetic layer may have the magnetic pole partial layer which forms for example, a magnetic pole part, and the York partial layer which is connected to this magnetic pole partial layer, and forms the York part. In this case, a thin film coil may pass through the side of the 2nd part of the 1st magnetic layer, and may have the 1st part spirally wound focusing on the 2nd magnetic layer, and the 2nd part which passed through the side of the magnetic pole partial layer of the 2nd magnetic layer, and was spirally wound focusing on the 2nd magnetic layer. Or a thin film coil may pass through the side of the 2nd part of the 1st magnetic layer, and may have the 1st part spirally wound focusing on the 1st magnetic layer, and the 2nd part which passed through the side of the magnetic pole partial layer of the 2nd magnetic layer, and

was spirally wound focusing on the 2nd magnetic layer. Moreover, the end face of the side which counters the record medium of the York partial layer of the 2nd magnetic layer may be arranged in the location distant from the field which counters the record medium of the thin film magnetic head.

[0039] Moreover, by the thin film magnetic head or its manufacture approach of this invention, the 2nd part of the 1st magnetic layer specifies throat height, and you may make it the 2nd magnetic layer specify recording track width of face by it.

[0040] Moreover, by the thin film magnetic head or its manufacture approach of this invention, some thin film coils arranged in the side of the 2nd part of the 1st magnetic layer may be covered further, and the insulating layer to which flattening of the field by the side of a record gap layer was carried out may be prepared.

[0041] Moreover, by the thin film magnetic head or its manufacture approach of this invention, it is arranged so that a magnetic resistance element and the part of the side which counters a record medium may counter on both sides of a magnetic resistance element further, and the 1st for shielding a magnetic resistance element and the 2nd shielding layer may be prepared. In this case, the 1st magnetic layer may serve as the 2nd shielding layer.

[0042]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained to a detail with reference to a drawing.

[the gestalt of the 1st operation] -- with reference to drawing 1 thru/or drawing 7 , the thin film magnetic head concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention and its manufacture approach are explained first. In addition, in drawing 1 thru/or drawing 6 , (a) shows a cross section perpendicular to an air bearing side, and (b) shows the cross section parallel to the air bearing side of a magnetic pole part.

[0043] By the manufacture approach of the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation, first, as shown in drawing 1 , the insulating layer 2 which consists of an alumina (aluminum 2O3) is deposited by the thickness of about 5 micrometers on the substrate 1 which consists of ARUTIKKU (aluminum 2O3, TiC). Next, the lower shielding layer 3 for the reproducing heads which consists of a magnetic material, for example, a permalloy, is formed on an insulating layer 2 at the thickness of about 3 micrometers. The lower shielding layer 3 uses for example, the photoresist film as a mask, and forms it alternatively on an insulating layer 2 by the galvanizing method. Next, it grinds until it forms in the thickness of 4-6 micrometers the insulating layer 20 which consists of an alumina, for example, the lower shielding layer 3 is exposed to the whole with CMP (chemical machinery polish), and flattening processing of the front face is carried out.

[0044] Next, as shown in drawing 2 , on the lower shielding layer 3, sputter deposition of an alumina or the CHITSU-sized aluminum is carried out, and the lower shielding gap film 4 as an insulating layer is formed. Next, the MR component 5 for playback is formed on the lower shielding gap film 4 at the thickness of dozens of nm. The MR component 5 is formed by etching alternatively MR film formed by the spatter. In addition, the component using the magnetosensitive film in which magneto-resistive effects, such as the AMR component, a GMR component, or a TMR (tunnel magneto-resistive effect) component, are shown can be used for the MR component 5. Next, the electrode layer 6 of the pair electrically connected to the MR component 5 is formed on the lower shielding gap film 4 at the thickness of dozens of nm. Next, the up shielding gap film 7 as an insulating layer is formed on the lower shielding gap film 4 and the MR component 5, and the MR component 5 is laid underground in the shielding gap film 4 and 7.

[0045] Next, on the up shielding gap film 7, it consists of a magnetic material and 1st partial 8a of the lower [ an up shielding layer-cum-] magnetic pole layer (it is hereafter described as a lower magnetic pole layer.) used to the both sides of the reproducing head and a recording head is alternatively formed by the thickness of about 1.0-2.0 micrometers. 1st partial 8a of a lower magnetic pole layer counters some thin film coils mentioned later.

[0046] Next, the insulating layer 9 which consists of an alumina is formed in the whole at the thickness of about 3-4 micrometers. Next, for example by CMP, an insulating layer 9 is ground and flattening

processing of the front face is carried out until 1st partial 8a of a lower magnetic pole layer is exposed. [0047] Next, as shown in drawing 3, the 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer and 3rd partial 8c are formed on 1st partial 8a of a lower magnetic pole layer at the thickness of about 1.5-2.5 micrometers. 2nd partial 8b forms the magnetic pole part of a lower magnetic pole layer, and is connected to the field by the side of the up magnetic pole layer of 1st partial 8a. 3rd partial 8c is a part for connecting 1st partial 8a and an up magnetic pole layer. In the gestalt of this operation, the location of the edge of the opposite side (it sets to drawing and is right-hand side) specifies throat height in the air bearing side 30 of 2nd partial 8b. That is, this location turns into a throat height zero location which is a location of the edge of the opposite side in the air bearing side 30 of a magnetic pole part.

[0048] The 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer and 3rd partial 8c NiFe (nickel:80 % of the weight, Fe:20 % of the weight), NiFe (nickel:45 % of the weight, Fe:55 % of the weight) which is a high saturation-magnetic-flux-density ingredient are used. You may form in a predetermined pattern by the galvanizing method, and using ingredients, such as FeN, FeZrN, etc. which are a high saturation-magnetic-flux-density ingredient, after a spatter, it may etch alternatively and you may form in a predetermined pattern by ion milling etc. In addition, CoFe, Co system amorphous material, etc. which are a high saturation-magnetic-flux-density ingredient may be used.

[0049] Next, the insulator layer 10 which consists of an alumina is formed in the whole at the thickness of about 0.3-0.6 micrometers.

[0050] Next, although not illustrated, the seed layer for forming the 1st layer part of a thin film coil by the galvanizing method on an insulator layer 10 is formed by the spatter. Next, on it, a photoresist is applied, patterning is carried out according to a photolithography process, and the frame 11 for plating is formed.

[0051] Next, 1st layer partial 12a of the thin film coil which consists of copper (Cu) by the frame galvanizing method is formed in the thickness of about 1.0-2.0 micrometers using a frame 11. 1st layer partial 12a of a thin film coil is arranged in the side of 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer. Moreover, 1st layer partial 12a of a thin film coil consists of a part of the shape of two or more square pole prolonged in the direction which intersects the space in drawing 3 (a).

[0052] Next, as shown in drawing 4, after removing a frame 11 and the seed layer under it, the insulating layer 13 which consists of an alumina is formed in the whole at the thickness of about 3-4 micrometers. Next, for example by CMP, an insulating layer 13 is ground and flattening processing of the front face is carried out until 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer and 3rd partial 8c are exposed. Although it has not exposed, you may make it 1st layer partial 12a expose 1st layer partial 12a of a thin film coil by drawing 4 here.

[0053] Next, as shown in drawing 5, the record gap layer 14 which consists of an insulating material is formed at the thickness of 0.2-0.3 micrometers on 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer, the 3rd partial 8c, and an insulating layer 13. Generally as an insulating material used for the record gap layer 14, there are an alumina, aluminum nitride, a silicon oxide system ingredient, a silicon nitride system ingredient, diamond-like carbon (DLC), etc.

[0054] Next, for magnetic-path formation, on 3rd partial 8c of a lower magnetic pole layer, the record gap layer 14 is etched partially and a contact hole is formed.

[0055] Next, the up magnetic pole layer 15 is formed on the record gap layer 14 at the thickness of about 2.0-3.0 micrometers. Using NiFe (nickel:80 % of the weight, Fe:20 % of the weight), NiFe (nickel:45 % of the weight, Fe:55 % of the weight) which is a high saturation-magnetic-flux-density ingredient, the up magnetic pole layer 15 may be formed in a predetermined pattern by the galvanizing method, using ingredients, such as FeN, FeZrN, etc. which are a high saturation-magnetic-flux-density ingredient, may be etched alternatively and may be formed in a predetermined pattern by ion milling etc. after a spatter. In addition, CoFe, Co system amorphous material, etc. which are a high saturation-magnetic-flux-density ingredient may be used. Moreover, it is good also as structure which laid the insulator layer of an inorganic system, and magnetic layers, such as a permalloy, on top of many layers for the up magnetic pole layer 15 because of an improvement of a RF property.

[0056] Next, the record gap layer 14 is alternatively etched by dry etching by using the up magnetic pole

layer 15 as a mask. Reactive ion etching (RIE) which used gas, such as chlorine-based gas of BCl<sub>2</sub> and Cl<sub>2</sub> grade and fluorine system gas of CF<sub>4</sub> and SF<sub>6</sub> grade, is used for the dry etching at this time. Next, for example by argon ion milling, 2nd about about 0.3-0.6 micrometers partial 8b of a lower magnetic pole layer is etched alternatively, and it considers as trim structure as shown in drawing 5 (b). According to this trim structure, the increment in the effective width of recording track by the breadth of the magnetic flux generated at the time of the writing of a \*\* truck can be prevented.

[0057] Next, the insulator layer 16 which consists of an alumina is formed in the whole at the thickness of about 0.3-0.9 micrometers.

[0058] Next, although not illustrated, in the part of the both-ends top in the each [ 4 ] -sided prism part of 1st layer partial 12a of a thin film coil, a contact hole which penetrates an insulator layer 16, the record gap layer 14, and an insulating layer 13, and reaches 1st layer partial 12a of a thin film coil by reactive ion etching or ion milling is formed.

[0059] Next, 2nd layer partial 12b of the thin film coil which consists of copper (Cu) is formed by the frame galvanizing method at the thickness of about 1.0-2.0 micrometers on the insulator layer 16 located on the up magnetic pole layer 15. 2nd layer partial 12b of a thin film coil consists of a part of the shape of two or more square pole prolonged in the direction which intersects perpendicularly with the space in drawing 5 (a). The both ends in the each [ 4 ] -sided prism part of 2nd layer partial 12b of this thin film coil are connected to the both ends in the each [ 4 ] -sided prism part of 1st layer partial 12a of a thin film coil through the connection section by which the ingredient of a thin film coil is filled up with and formed in the above-mentioned contact hole.

[0060] Next, as shown in drawing 6 , the overcoat layer 17 which consists of an alumina is formed in the thickness of 20-40 micrometers, flattening of the front face is carried out to the whole, and the pad for electrodes which is not illustrated is formed on it. Finally, polish processing of a slider is performed, the air bearing side 30 of a recording head and the reproducing head is formed, and the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation is completed.

[0061] With the gestalt of this operation, the lower magnetic pole layer which consists of the 1st partial 8a, the 2nd partial 8b, and the 3rd partial 8c is equivalent to the 1st magnetic layer in this invention, and the up magnetic pole layer 15 is equivalent to the 2nd magnetic layer in this invention. Moreover, the lower shielding layer 3 is equivalent to the 1st shielding layer in this invention. Moreover, since the lower magnetic pole layer serves as the up shielding layer, it is equivalent also to the 2nd shielding layer in this invention.

[0062] Drawing 7 is the top view of the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation. In addition, in this drawing, the overcoat layer 17, other insulating layers, and an insulator layer are omitted. In addition, in drawing 7 , among drawing, sign 8B expresses the part into which 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer is etched, in order to consider as trim structure.

[0063] As shown in drawing 7 , the up magnetic pole layer 15 has York partial 15B connected with magnetic pole partial 15A while being arranged to the field which counters magnetic pole partial 15A arranged in the location which counters 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer through the record gap layer 14, and 1st layer partial 12a of a thin film coil. The location of the connection section of magnetic pole partial 15A and York partial 15B is the throat height zero location TH0 or the location of the near. Magnetic pole partial 15A has narrow fixed width of face. The width of face of this magnetic pole partial 15A specifies the width of recording track of a recording head.

[0064] Moreover, in drawing 7 , the sign 12 expresses the thin film coil containing 1st layer partial 12a, 2nd layer partial 12b, and connection section 12c that connects these. 1st layer partial 12a of the thin film coil 12 and 2nd layer partial 12b are connected with the JIGUZAKU form through connection section 12c. Thereby, the thin film coil 12 is spirally wound focusing on York partial 15B of the up magnetic pole layer 15.

[0065] As explained above, the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation is equipped with the reproducing head and a recording head (induction type MAG sensing element). The reproducing head is arranged so that the MR component 5 and the part of the side which counters a record medium may counter on both sides of the MR component 5, and it has the lower shielding layer 3

and up shielding layer (lower magnetic pole layer) for shielding the MR component 5.

[0066] The lower magnetic pole layer (8a-8c) and the up magnetic pole layer 15 which consist of at least one layer including the magnetic pole part which the part of the side which a recording head is connected magnetically and counters a record medium counters mutually through the record gap layer 14, respectively, It has the thin film coil 12 which the part passed through between a lower magnetic pole layer and the up magnetic pole layers 15, and was spirally wound focusing on the up magnetic pole layer 15 in the condition of having insulated to these.

[0067] 1st partial 8a to which a lower magnetic pole layer counters 1st layer partial 12a of a thin film coil with the gestalt of this operation, It connects with the field by the side of the up magnetic pole layer 15 in this 1st partial 8a, and has 2nd partial 8b which forms a magnetic pole part, and 1st layer partial 12a of the thin film coil 12 is arranged in the side of 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer.

[0068] According to the gestalt of this operation, since the thin film coil 12 was spirally wound focusing on the up magnetic pole layer 15, the magnetomotive force generated with the thin film coil 12 can be efficiently told to the up magnetic pole layer 15. Therefore, compared with the structure which wound the thin film coil around the curled form, the number of turns of the thin film coil 12 can be lessened.

[0069] Furthermore, with the gestalt of this operation, it is on 1st partial 8a of a lower magnetic pole layer, 1st layer partial 12a of the thin film coil 12 is arranged to the side of 2nd partial 8b, flattening of the top face of the wrap insulating layer 13 is carried out for 1st layer partial 12a of the thin film coil 12, and the up magnetic pole layer 15 is formed on a flat field. Therefore, the both sides of 1st layer partial 12a of the thin film coil 12 and 2nd layer partial 12b can be formed on a flat field. Thereby, it becomes possible to form the thin film coil 12 minutely.

[0070] Furthermore, according to the gestalt of this operation, since the apex section does not exist, the edge of the thin film coil 12 can be arranged near the throat height zero location TH0.

[0071] According to the gestalt of this operation from these things, for example compared with the former, it becomes extent reducible [ magnetic-path length ] 30 to 50% or less. Furthermore, it can prevent that the magnetomotive force generated with the thin film coil 12 is saturated on the way, and the magnetomotive force generated with the thin film coil 12 can be efficiently used for record. Therefore, according to the gestalt of this operation, it becomes possible to offer the thin film magnetic head which was excellent in the over-writing property which are the high frequency property of a recording head, a nonlinear transition shift (it is described as NLTS below Non-linear Transition Shift;.), and a property in the case of carrying out overwrite.

[0072] Moreover, since according to the gestalt of this operation it is on 1st partial 8a of a lower magnetic pole layer, 1st layer partial 12a of the thin film coil 12 is arranged to the side of 2nd partial 8b and flattening of the top face of the wrap insulating layer 13 was carried out for 1st layer partial 12a of the thin film coil 12, the up magnetic pole layer 15 which specifies the width of recording track of a recording head can be formed on a flat field. Therefore, according to the gestalt of this operation, about magnetic pole partial 15A of the up magnetic pole layer 15, formation becomes possible minutely and it also becomes for example, a half micron dimension and a quarter micron dimension reducible [ the width of recording track of a recording head ]. The thin film magnetic head which has by this the surface recording density of the 20-30 gigabit / (inch) 2 demanded from now on also becomes realizable.

[0073] Moreover, with the gestalt of this operation, the up magnetic pole layer 15 which specifies the width of recording track of a recording head does not specify throat height, but 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer specifies throat height with it. Therefore, according to the gestalt of this operation, even if the width of recording track becomes small, it becomes possible to be accurate and to specify throat height to homogeneity.

[0074] Moreover, with the gestalt of this operation, since the wrap insulating layer 13 was formed for 1st layer partial 12a of the thin film coil 12 arranged in the side of 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer and flattening of the top face of this insulating layer 13 was carried out, formation of 2nd layer partial 12b of the record gap layer 14 formed after that, the up magnetic pole layer 15, and the thin film coil 12 etc. becomes easy.

[0075] Moreover, with the gestalt of this operation, since the insulator layer 10 which consists of an

inorganic material with which thin and sufficient withstand voltage is obtained is formed between a lower magnetic pole layer and 1st layer partial 12a of the thin film coil 12, big withstand voltage can be obtained between a lower magnetic pole layer and 1st layer partial 12a of the thin film coil 12.

[0076] Moreover, in the gestalt of this operation, as shown in drawing 7, the up magnetic pole layer 15 has fixed width of face of 3 micrometers or more in the part of the opposite side in the air bearing side 30, for example rather than the throat height zero location TH0 or the location of the near, and has the fixed width of face of a half micron dimension or a quarter micron dimension in the part by the side of the air bearing side 30 rather than the throat height zero location TH0 or the location of the near.

Therefore, the magnetic flux which passes the up magnetic pole layer 15 is not saturated with the part of the opposite side in the air bearing side 30 rather than the throat height zero location TH0 or the location of the near, but is saturated in the part by the side of the air bearing side 30 rather than the throat height zero location TH0 or the location of the near. Thereby, NLTS and an over-writing property can be raised.

[0077] With reference to [the gestalt of the 2nd operation] next drawing 8 thru/or drawing 10, the thin film magnetic head concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention and its manufacture approach are explained. In addition, in drawing 8 and drawing 9, (a) shows a cross section perpendicular to an air bearing side, and (b) shows the cross section parallel to the air bearing side of a magnetic pole part.

[0078] As for the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation, a thin film coil is spirally wound around a duplex focusing on an up magnetic pole layer. With the gestalt of this operation, an outside part is called 1st part among this thin film coil, and an inside part is called 2nd part. In addition, the 1st part and 2nd part of a thin film coil are formed by each with copper.

[0079] The process which forms an insulator layer 10 by the manufacture approach of the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation is the same as the gestalt of the 1st operation. As shown in drawing 8, with the gestalt of this operation, 1st layer partial 21a of the 1st part of a thin film coil is formed by the frame galvanizing method on an insulator layer 10 after that at the thickness of about 1.0-2.0 micrometers. 1st layer partial 21a of the 1st part of a thin film coil is arranged in the side of 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer. Moreover, 1st layer partial 21a of the 1st part of a thin film coil consists of a part of the shape of two or more square pole prolonged in the direction which intersects the space in drawing 8 (a).

[0080] Next, the insulating layer 13 which consists of an alumina is formed in the whole at the thickness of about 3-4 micrometers. Next, for example by CMP, an insulating layer 13 is ground and flattening processing of the front face is carried out until 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer and 3rd partial 8c are exposed. Although it has not exposed, you may make it 1st layer partial 21a expose 1st layer partial 21a of the 1st part of a thin film coil by drawing 8 here.

[0081] Next, the record gap layer 14 is formed at the thickness of 0.2-0.3 micrometers on 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer, the 3rd partial 8c, and an insulating layer 13. Next, on 3rd partial 8c of a lower magnetic pole layer, the record gap layer 14 is etched partially and a contact hole is formed.

[0082] Next, while forming in the thickness of 1.0-3.0 micrometers magnetic pole partial layer 15a which forms the magnetic pole part of an up magnetic pole layer on the record gap layer 14, magnetic layer 15b is formed in the location of the contact hole formed on 3rd partial 8c of a lower magnetic pole layer at the thickness of 1.0-3.0 micrometers. Magnetic layer 15b is a part for connecting the York partial layer of an up magnetic pole layer and lower magnetic pole layer which are mentioned later. With the gestalt of this operation, the die length of magnetic pole partial layer 15a of an up magnetic pole layer is formed more than the die length of 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer.

[0083] Magnetic pole partial layer 15a and magnetic layer 15b of an up magnetic pole layer NiFe (nickel:80 % of the weight, Fe:20 % of the weight), NiFe (nickel:45 % of the weight, Fe:55 % of the weight) which is a high saturation-magnetic-flux-density ingredient are used. You may form in a predetermined pattern by the galvanizing method, and using ingredients, such as FeN, FeZrN, etc. which are a high saturation-magnetic-flux-density ingredient, after a spatter, it may etch alternatively and you may form in a predetermined pattern by ion milling etc. In addition, CoFe, Co system amorphous



material, etc. which are a high saturation-magnetic-flux-density ingredient may be used.

[0084] Next, the record gap layer 14 is alternatively etched by dry etching by using magnetic pole partial layer 15a of an up magnetic pole layer as a mask, next 2nd about about 0.3-0.6 micrometers partial 8b of a lower magnetic pole layer is alternatively etched for example, by argon ion milling, and it considers as trim structure as shown in drawing 8 (b).

[0085] Next, the insulator layer 22 which consists of an alumina is formed in the coil formation field on the record gap layer 14 at the thickness of about 0.3-0.6 micrometers.

[0086] Next, 1st layer partial 23a of the 2nd part of a thin film coil is formed in the thickness of about 1.0-2.0 micrometers by the frame galvanizing method. 1st layer partial 23a of the 2nd part of a thin film coil is arranged in the side of magnetic pole partial layer 15a of an up magnetic pole layer. Moreover, 1st layer partial 23a of the 2nd part of a thin film coil consists of a part of the shape of two or more square pole prolonged in the direction which intersects the space in drawing 8 (a).

[0087] Next, the insulating layer 24 which consists of an alumina is formed in the whole at the thickness of about 3-4 micrometers. Next, for example by CMP, an insulating layer 24 is ground and flattening processing of the front face is carried out until magnetic pole partial layer 15a and magnetic layer 15b of an up magnetic pole layer are exposed.

[0088] Next, as shown in drawing 9, magnetic pole partial layer 15a of an up magnetic pole layer and magnetic layer 15b by which flattening was carried out, and York partial layer 15c which forms the York part of an up magnetic pole layer on an insulating layer 24 are formed in the thickness of about 2-4 micrometers. Through magnetic layer 15b, this York partial layer 15c contacted 3rd partial 8c of a lower magnetic pole layer, and is connected magnetically. Using NiFe (nickel:80 % of the weight, Fe:20 % of the weight), NiFe (nickel:45 % of the weight, Fe:55 % of the weight) which is a high saturation-magnetic-flux-density ingredient, York partial layer 15c of an up magnetic pole layer may be formed in a predetermined pattern by the galvanizing method, using ingredients, such as FeN, FeZrN, etc. which are a high saturation-magnetic-flux-density ingredient, may be etched alternatively and may be formed in a predetermined pattern by ion milling etc. after a spatter. In addition, CoFe, Co system amorphous material, etc. which are a high saturation-magnetic-flux-density ingredient may be used. Moreover, it is good also as structure which laid the insulator layer of an inorganic system, and magnetic layers, such as a permalloy, on top of many layers for the up magnetic pole layer 15 because of an improvement of a RF property.

[0089] With the gestalt of this operation, the end face of the side (air bearing side 30 side) which counters the record medium of York partial layer 15c of an up magnetic pole layer is arranged in the location (it sets to drawing and is right-hand side) distant from the field which counters the record medium of the thin film magnetic head.

[0090] Next, the insulator layer 25 which consists of an alumina is formed in the whole at the thickness of about 0.3-0.9 micrometers.

[0091] Next, although not illustrated, in the part of the both-ends top in the each [ 4 ] -sided prism part of 1st layer partial 23a of the 2nd part of a thin film coil, a contact hole which penetrates an insulator layer 25 and an insulating layer 24, and reaches 1st layer partial 23a of the 2nd part of a thin film coil by reactive ion etching or ion milling is formed.

[0092] Next, 2nd layer partial 23b of the 2nd part of a thin film coil is formed by the frame galvanizing method at the thickness of about 1.0-2.0 micrometers on the insulator layer 25 located on York partial layer 15c of an up magnetic pole layer. 2nd layer partial 23b of the 2nd part of a thin film coil consists of a part of the shape of two or more square pole prolonged in the direction which intersects perpendicularly with the space in drawing 9 (a). The both ends in the each [ 4 ] -sided prism part of 2nd layer partial 23b of the 2nd part of this thin film coil are connected to the both ends in the each [ 4 ] -sided prism part of 1st layer partial 23a of the 2nd part of a thin film coil through the connection section by which the ingredient of a thin film coil is filled up with and formed in the above-mentioned contact hole.

[0093] Next, the insulating layer 26 which consists of an alumina is formed in the thickness of about 6-8 micrometers, and flattening of the front face is carried out to the whole.



[0094] Next, although not illustrated, in the part of the both-ends top in the each [ 4 ] -sided prism part of 1st layer partial 21a of the 1st part of a thin film coil, a contact hole which penetrates an insulator layer 26, an insulator layer 25, the record gap layer 14, and an insulating layer 13, and reaches 1st layer partial 21a of the 1st part of a thin film coil by reactive ion etching or ion milling is formed.

[0095] Next, 2nd layer partial 21b of the 1st part of a thin film coil is formed by the frame galvanizing method on an insulating layer 26 at the thickness of about 1.0-2.0 micrometers. 2nd layer partial 21b of the 1st part of a thin film coil consists of a part of the shape of two or more square pole prolonged in the direction which intersects perpendicularly with the space in drawing 9 (a). The both ends in the each [ 4 ] -sided prism part of 2nd layer partial 21b of the 1st part of this thin film coil are connected to the both ends in the each [ 4 ] -sided prism part of 1st layer partial 21a of the 1st part of a thin film coil through the connection section by which the ingredient of a thin film coil is filled up with and formed in the above-mentioned contact hole.

[0096] Next, the overcoat layer 17 which consists of an alumina is formed in the thickness of 20-40 micrometers, flattening of the front face is carried out to the whole, and the pad for electrodes which is not illustrated is formed on it. Finally, polish processing of a slider is performed, the air bearing side 30 of a recording head and the reproducing head is formed, and the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation is completed.

[0097] With the gestalt of this operation, the up magnetic pole layer which consists of magnetic pole partial layer 15a, magnetic layer 15b, and York partial layer 15c is equivalent to the 2nd magnetic layer in this invention.

[0098] Drawing 10 is the top view of the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation. In this drawing, an overcoat layer, other insulating layers, and an insulator layer are omitted. In this drawing, the sign 21 expresses the 1st part of the thin film coil containing 1st layer partial 21a, 2nd layer partial 21b, and connection section 21c that connects these. Moreover, the sign 23 expresses the 2nd part of the thin film coil containing 1st layer partial 23a, 2nd layer partial 23b, and connection section 23c that connects these. 1st layer partial 21a of the 1st part 21 of a thin film coil and 2nd layer partial 21b are connected with the JIGUZAKU form through connection section 21c. Thereby, the 1st part 21 of a thin film coil is spirally wound focusing on York partial layer 15c of an up magnetic pole layer. Similarly, 1st layer partial 23a of the 2nd part 23 of a thin film coil and 2nd layer partial 23b are connected with the JIGUZAKU form through connection section 23c. Thereby, the 2nd part 23 of a thin film coil is spirally wound focusing on York partial layer 15c of an up magnetic pole layer.

[0099] Moreover, the 1st part 21 and 2nd part 23 of a thin film coil are connected by the connection section 29. A contact hole which penetrates an insulator layer 25, the record gap layer 14, and an insulating layer 13, and reaches 1st layer partial 21a of the 1st part 21 of a thin film coil is filled up with the ingredient of a thin film coil, and the connection section 29 is formed in it.

[0100] As shown in drawing 9 , 1st layer partial 21a of the 1st part 21 of a thin film coil passes through the side of 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer. Moreover, 1st layer partial 23a of the 2nd part 23 of a thin film coil passes through the side of magnetic pole partial layer 15a of an up magnetic pole layer.

[0101] Since the thin film coils 21 and 23 wound around the duplex focusing on the up magnetic pole layer were formed according to the gestalt of this operation, compared with the gestalt of the 1st operation, magnetomotive force of a thin film coil can be enlarged and NLTS and an over-writing property can be raised more.

[0102] Moreover, since according to the gestalt of this operation 1st layer partial 21a of the 1st part 21 of a thin film coil is arranged to the side of 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer and flattening of the top face of the wrap insulating layer 13 was carried out for this 1st layer partial 21a, magnetic pole partial layer 15a of an up magnetic pole layer can be formed on a flat field. Therefore, according to the gestalt of this operation, about magnetic pole partial layer 15a, formation becomes possible minutely and it also becomes for example, a half micron dimension and a quarter micron dimension reducible [ the width of recording track of a recording head ].

[0103] Moreover, although the thin film coils 21 and 23 wound around the duplex are formed with the

gestalt of this operation While arranging 1st layer partial 21a of the 1st part 21 of a thin film coil to the side of 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer Since 1st layer partial 23a of the 2nd part 23 of a thin film coil has been arranged to the side of magnetic pole partial layer 15a of an up magnetic pole layer, York partial layer 15c of an up magnetic pole layer can be formed on a flat field. Therefore, according to the gestalt of this operation, formation also of York partial layer 15c is attained minutely, and it becomes possible [ preventing generating of the so-called side light ].

[0104] Moreover, with the gestalt of this operation, the end face by the side of the air bearing side 30 of York partial layer 15c of an up magnetic pole layer is arranged in the location distant from the air bearing side 30 of the thin film magnetic head. Therefore, even when throat height is small, York partial layer 15c of an up magnetic pole layer cannot be exposed to the air bearing side 30, consequently generating of a side light can be prevented.

[0105] The configuration of others in the gestalt of this operation, an operation, and effectiveness are the same as the gestalt of the 1st operation.

[0106] With reference to [the gestalt of the 3rd operation] next drawing 11 thru/or drawing 13 , the thin film mind head concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention and its manufacture approach are explained. In addition, in drawing 11 and drawing 12 , (a) shows a cross section perpendicular to an air bearing side, and (b) shows the cross section parallel to the air bearing side of a magnetic pole part.

[0107] The thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation has the 1st part around which the thin film coil was spirally wound focusing on the lower magnetic pole layer, and the 2nd part spirally wound focusing on the up magnetic pole layer. In addition, the 1st part and 2nd part of a thin film coil are formed by each with copper.

[0108] The process which forms the lower shielding gap film 4, the MR component 5, and the up shielding gap film 7 by the manufacture approach of the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation is the same as the gestalt of the 1st operation. As shown in drawing 11 , with the gestalt of this operation, 8d of magnetic layers which consist of a magnetic material is formed after that at the thickness of about 1-2 micrometers on the up shielding gap film 7 located on the MR component 5. 8d of this magnetic layer makes a part of lower shielding layer. Next, for example by reactive ion etching or ion milling, while etching the shielding gap film 4 and 7 in the field which forms a thin film coil, about 1-2 micrometers of lower shielding layers 3 are etched, for example, and a crevice is formed.

[0109] Next, the insulator layer 31 which consists of an alumina is formed in the whole at the thickness of about 0.3-0.6 micrometers. Next, 1st layer partial 32a of the 1st part of a thin film coil is formed by the frame galvanizing method on an insulator layer 31 at the thickness of about 1.0-2.0 micrometers. 1st layer partial 32a of the 1st part of a thin film coil consists of a part of the shape of two or more square pole prolonged in the direction which intersects the space in drawing 11 (a).

[0110] Next, the insulating layer 33 which consists of an alumina is formed in the whole at the thickness of about 3-4 micrometers. Next, for example by CMP, an insulating layer 33 is ground and flattening processing of the front face is carried out until 8d of magnetic layers is exposed.

[0111] Next, as shown in drawing 12 , 1st partial 8a of a lower magnetic pole layer is alternatively formed by the thickness of about 1.0-2.0 micrometers on 8d of magnetic layers, and an insulating layer 33. Next, the insulating layer 9 which consists of an alumina is formed in the whole at the thickness of about 3-4 micrometers. Next, for example by CMP, an insulating layer 9 is ground and flattening processing of the front face is carried out until 1st partial 8a of a lower magnetic pole layer is exposed.

[0112] Next, the 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer and 3rd partial 8c are formed on 1st partial 8a of a lower magnetic pole layer at the thickness of about 1.5-2.5 micrometers. Next, the insulator layer 10 which consists of an alumina is formed in the whole at the thickness of about 0.3-0.6 micrometers.

[0113] Next, although not illustrated, in the part of the both-ends top in the each [ 4 ] -sided prism part of 1st layer partial 32a of the 1st part of a thin film coil, a contact hole which penetrates an insulator layer 10 and an insulating layer 33, and reaches 1st layer partial 32a of the 1st part of a thin film coil by reactive ion etching or ion milling is formed.

[0114] Next, 2nd layer partial 32b of the 1st part of a thin film coil is formed by the frame galvanizing method on an insulator layer 10 at the thickness of about 1.0-2.0 micrometers. 2nd layer partial 32b of the 1st part of a thin film coil is arranged in the side of 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer. Moreover, 2nd layer partial 32b of the 1st part of a thin film coil consists of a part of the shape of two or more square pole prolonged in the direction which intersects perpendicularly with the space in drawing 12 (a). The both ends in the each [ 4 ] -sided prism part of 2nd layer partial 32b of the 1st part of this thin film coil are connected to the both ends in the each [ 4 ] -sided prism part of 1st layer partial 32a of the 1st part of a thin film coil through the connection section by which the ingredient of a thin film coil is filled up with and formed in the above-mentioned contact hole.

[0115] Next, the insulating layer 13 which consists of an alumina is formed in the whole at the thickness of about 3-4 micrometers. Next, for example by CMP, an insulating layer 13 is ground and flattening processing of the front face is carried out until 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer and 3rd partial 8c are exposed. Although it has not exposed, you may make it 2nd layer partial 32b expose 2nd layer partial 32b of the 1st part of a thin film coil by drawing 12 here.

[0116] Next, the record gap layer 14 is formed at the thickness of 0.2-0.3 micrometers on 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer, the 3rd partial 8c, and an insulating layer 13. Next, on 3rd partial 8c of a lower magnetic pole layer, the record gap layer 14 is etched partially and a contact hole is formed.

[0117] Next, while forming in the thickness of 1.0-3.0 micrometers magnetic pole partial layer 15a which forms the magnetic pole part of an up magnetic pole layer on the record gap layer 14, magnetic layer 15b is formed in the location of the contact hole formed on 3rd partial 8c of a lower magnetic pole layer at the thickness of 1.0-3.0 micrometers.

[0118] Next, the record gap layer 14 is alternatively etched by dry etching by using magnetic pole partial layer 15a of an up magnetic pole layer as a mask, next 2nd about about 0.3-0.6 micrometers partial 8b of a lower magnetic pole layer is alternatively etched for example, by argon ion milling, and it considers as trim structure as shown in drawing 12 (b).

[0119] Next, the insulator layer 22 which consists of an alumina is formed in the coil formation field on the record gap layer 14 at the thickness of about 0.3-0.6 micrometers. Next, 1st layer partial 34a of the 2nd part of a thin film coil is formed in the thickness of about 1.0-2.0 micrometers by the frame galvanizing method. 1st layer partial 34a of the 2nd part of a thin film coil is arranged in the side of magnetic pole partial layer 15a of an up magnetic pole layer. Moreover, 1st layer partial 34a of the 2nd part of a thin film coil consists of a part of the shape of two or more square pole prolonged in the direction which intersects the space in drawing 12 (a).

[0120] Next, the insulating layer 24 which consists of an alumina is formed in the whole at the thickness of about 3-4 micrometers. Next, for example by CMP, an insulating layer 24 is ground and flattening processing of the front face is carried out until magnetic pole partial layer 15a and magnetic layer 15b of an up magnetic pole layer are exposed.

[0121] Next, magnetic pole partial layer 15a of an up magnetic pole layer and magnetic layer 15b by which flattening was carried out, and York partial layer 15c which forms the York part of an up magnetic pole layer on an insulating layer 24 are formed in the thickness of about 2-4 micrometers.

[0122] Next, the insulator layer 25 which consists of an alumina is formed in the whole at the thickness of about 0.3-0.9 micrometers.

[0123] Next, although not illustrated, in the part of the both-ends top in the each [ 4 ] -sided prism part of 1st layer partial 34a of the 2nd part of a thin film coil, a contact hole which penetrates an insulator layer 25 and an insulating layer 24, and reaches 1st layer partial 34a of the 2nd part of a thin film coil by reactive ion etching or ion milling is formed.

[0124] Next, 2nd layer partial 34b of the 2nd part of a thin film coil is formed by the frame galvanizing method at the thickness of about 1.0-2.0 micrometers on the insulator layer 25 located on York partial layer 15c of an up magnetic pole layer. 2nd layer partial 34b of the 2nd part of a thin film coil consists of a part of the shape of two or more square pole prolonged in the direction which intersects perpendicularly with the space in drawing 12 (a). The both ends in the each [ 4 ] -sided prism part of 2nd layer partial 34b of the 2nd part of this thin film coil are connected to the both ends in the each [ 4 ] -

sided prism part of 1st layer partial 34a of the 2nd part of a thin film coil through the connection section by which the ingredient of a thin film coil is filled up with and formed in the above-mentioned contact hole.

[0125] Next, the overcoat layer 27 which consists of an alumina is formed in the thickness of 20-40 micrometers, flattening of the front face is carried out to the whole, and the pad for electrodes which is not illustrated is formed on it. Finally, polish processing of a slider is performed, the air bearing side of a recording head and the reproducing head is formed, and the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation is completed.

[0126] Drawing 13 is the top view of the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation. In this drawing, an overcoat layer, other insulating layers, and an insulator layer are omitted. In this drawing, the sign 32 expresses the 1st part of the thin film coil containing 1st layer partial 32a, 2nd layer partial 32b, and connection section 32c that connects these. In addition, in drawing 13, a part of 1st part 32 of a thin film coil is omitted. Moreover, the sign 34 expresses the 2nd part of the thin film coil containing 1st layer partial 34a, 2nd layer partial 34b, and connection section 34c that connects these. 1st layer partial 32a of the 1st part 32 of a thin film coil and 2nd layer partial 32b are connected with the JIGUZAKU form through connection section 32c. Thereby, the 1st part 32 of a thin film coil is spirally wound focusing on 1st partial 8a of a lower magnetic pole layer. Similarly, 1st layer partial 34a of the 2nd part 34 of a thin film coil and 2nd layer partial 34b are connected with the JIGUZAKU form through connection section 34c. Thereby, the 2nd part 34 of a thin film coil is spirally wound focusing on York partial layer 15c of an up magnetic pole layer.

[0127] Moreover, the 1st part 32 and 2nd part 34 of a thin film coil are connected by the connection section 39. A contact hole which penetrates an insulator layer 25, the record gap layer 14, and an insulating layer 13, and reaches 2nd layer partial 32b of the 1st part 32 of a thin film coil is filled up with the ingredient of a thin film coil, and the connection section 39 is formed in it.

[0128] As shown in drawing 12, 2nd layer partial 32b of the 1st part 32 of a thin film coil passes through the side of 2nd partial 8b of a lower magnetic pole layer. Moreover, 1st layer partial 34a of the 2nd part 34 of a thin film coil passes through the side of magnetic pole partial layer 15a of an up magnetic pole layer.

[0129] According to the gestalt of this operation, since a thin film coil has the 1st part 32 spirally wound focusing on the lower magnetic pole layer, and the 2nd part 34 spirally wound focusing on the up magnetic pole layer, compared with the gestalt of the 1st operation, it can enlarge magnetomotive force of a thin film coil, and can raise NLTS and an over-writing property more.

[0130] The configuration of others in the gestalt of this operation, an operation, and effectiveness are the same as the gestalt of the 1st or the 2nd operation.

[0131] This invention is not limited to the gestalt of each above-mentioned implementation, but various modification is possible for it. For example, although the lower magnetic pole layer prescribed throat height, you may make it an up magnetic pole layer prescribe throat height with the gestalt of each above-mentioned implementation.

[0132] Moreover, although the gestalt of each above-mentioned implementation explained the thin film magnetic head of the structure which read to the base side, formed MR component of business, and carried out the laminating of the induction type MAG sensing element for writing on it, it is good even if reverse in this built-up sequence.

[0133] That is, it may write in a base side, the induction type MAG sensing element of business may be formed, and MR component for reading may be formed on it. Such structure is realizable by forming in a base side by using as a lower magnetic pole layer the magnetic film which has the function of the up magnetic pole layer shown in the gestalt of the above-mentioned implementation for example, and forming the magnetic film which has the function of the lower magnetic pole layer it was indicated to the gestalt of the above-mentioned implementation that countered it as an up magnetic pole layer through the record gap film. In this case, it is desirable to make the up magnetic pole layer of an induction type MAG sensing element and the lower shielding layer of MR component make it serve a double purpose.

[0134] Moreover, this invention is applicable also to the thin film magnetic head only for the records equipped only with the induction type MAG sensing element, and the thin film magnetic head which performs record and playback by the induction type MAG sensing element.

[0135]

[Effect of the Invention] As explained above, since a part passes through between the 1st and 2nd magnetic layers and it is spirally wound focusing on one [ at least ] magnetic layer, as for a thin film coil, according to the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 1 to 10 or the thin film magnetic head according to claim 11 to 20, contraction of the magnetic-path length of an induction type MAG sensing element does so the effectiveness of becoming possible. Moreover, the 1st part to which the 1st magnetic layer counters some thin film coils according to this invention, It connects with the field by the side of the 2nd magnetic layer in the 1st part, and has the 2nd part which forms a magnetic pole part. Some thin film coils Since it is arranged in the side of the 2nd part of the 1st magnetic layer, the effectiveness that become possible to form the 2nd magnetic layer on a flat field, consequently contraction of the width of recording track of an induction type MAG sensing element is attained is done so.

[0136] Moreover, according to the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 4 or the thin film magnetic head according to claim 14, since a thin film coil is spirally wound around a duplex focusing on the 2nd magnetic layer, the effectiveness of becoming possible further to enlarge magnetomotive force of a thin film coil is done so.

[0137] Moreover, according to the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 5 or the thin film magnetic head according to claim 15, the effectiveness of becoming possible to enlarge magnetomotive force of a thin film coil further since a thin film coil has the 1st part spirally wound focusing on the 1st magnetic layer and the 2nd part spirally wound focusing on the 2nd magnetic layer is done so.

[0138] Moreover, according to the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 6 or the thin film magnetic head according to claim 16 The 2nd magnetic layer is connected to the magnetic pole partial layer which forms a magnetic pole part, and this magnetic pole partial layer. Since the end face of the side which has the York partial layer which forms the York part, and counters the record medium of the York partial layer of the 2nd magnetic layer has been arranged in the location distant from the field which counters the record medium of the thin film magnetic head Furthermore, the effectiveness that it can prevent writing data also in fields other than the field which should be recorded is done so.

[0139] Moreover, further, since according to the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 7 or the thin film magnetic head according to claim 17 the 2nd part of the 1st magnetic layer specifies throat height and the 2nd magnetic layer specified recording track width of face, even if the width of recording track becomes small, the effectiveness of becoming possible to be accurate and to specify throat height to homogeneity is done so.

[0140] Moreover, since the insulating layer to which some thin film coils arranged in the side of the 2nd part of the 1st magnetic layer were covered, and flattening of the field by the side of a record gap layer was carried out was prepared according to the thin film magnetic head according to claim 8 or the thin film magnetic head according to claim 18, the effectiveness that formation of a record gap layer, the 2nd magnetic layer, etc. becomes easy is further done so.

---

[Translation done.]

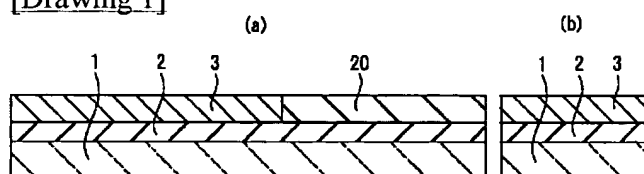
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

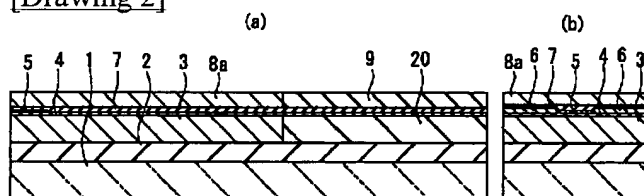
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

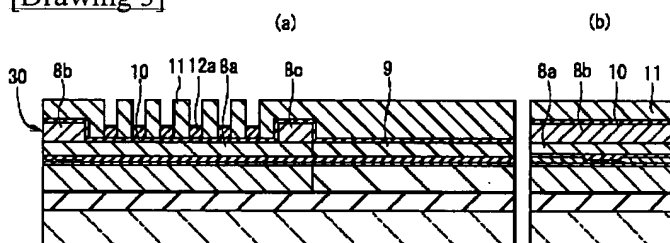
[Drawing 1]



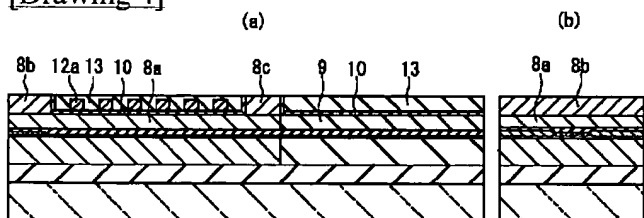
[Drawing 2]



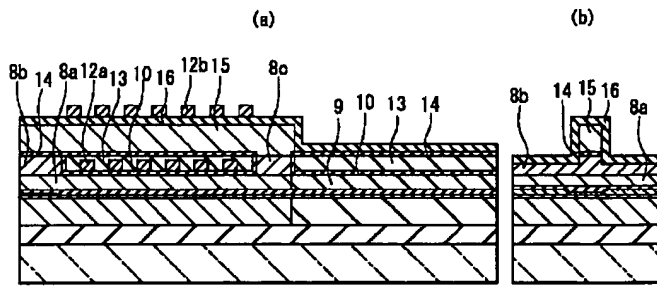
[Drawing 3]



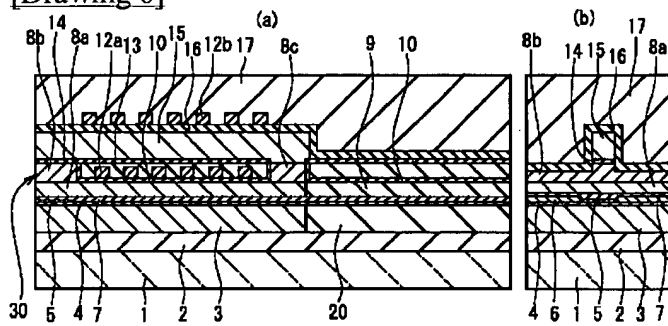
[Drawing 4]



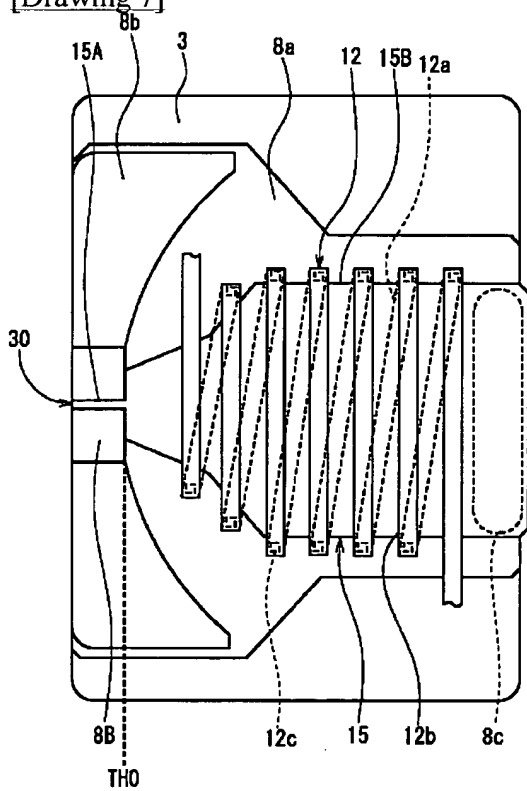
[Drawing 5]



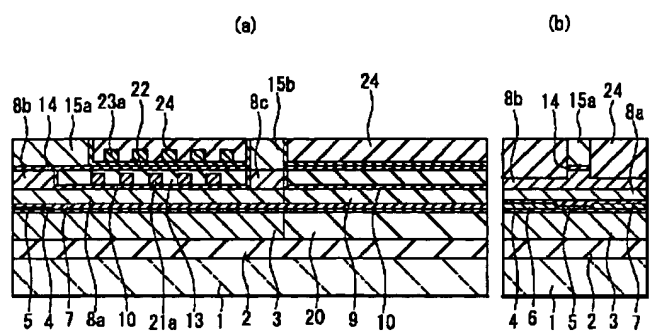
[Drawing 6]



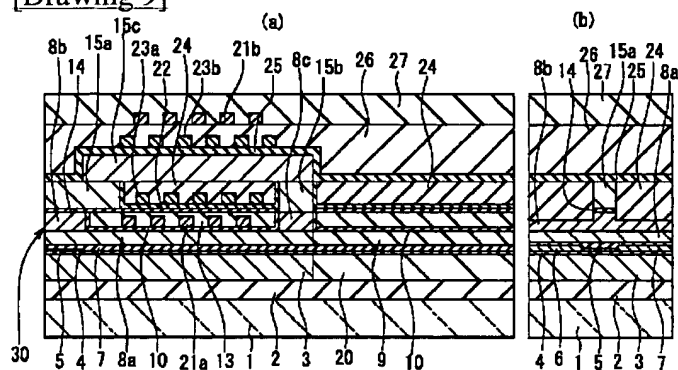
[Drawing 7]



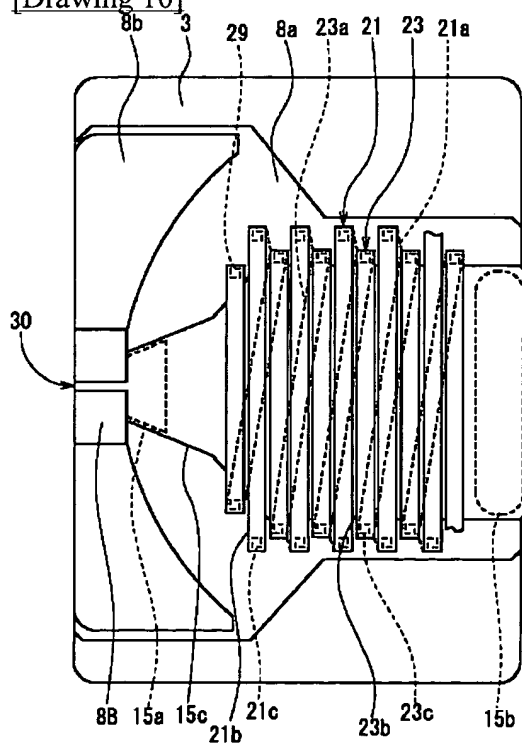
[Drawing 8]



[Drawing 9]

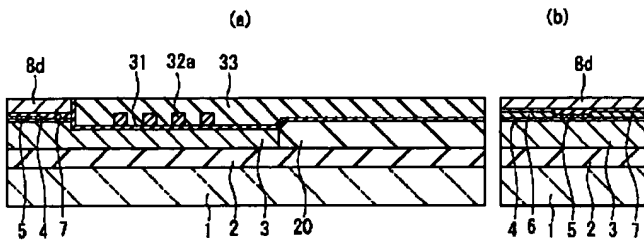


[Drawing 10]

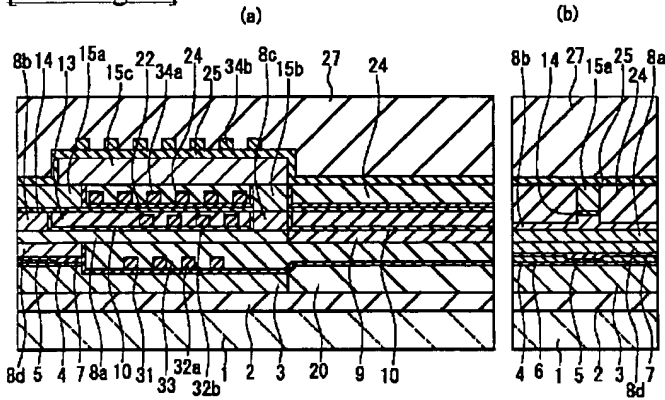


[Drawing 11]

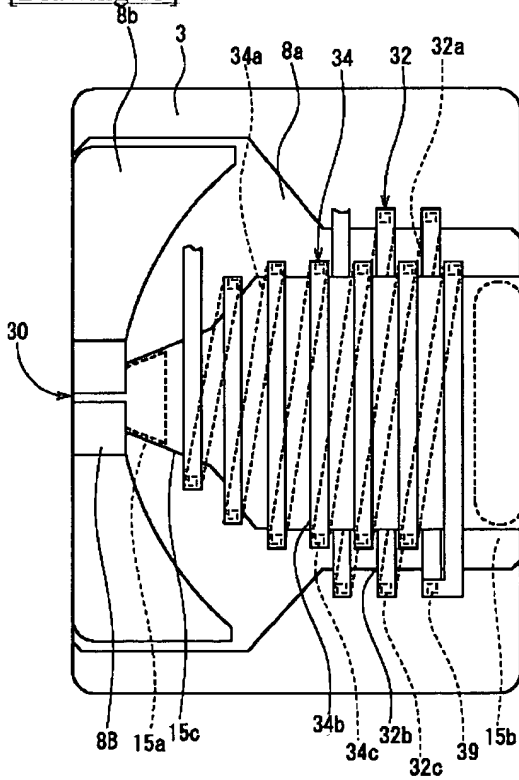




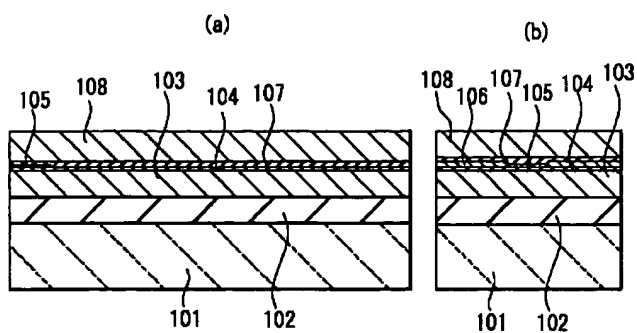
[Drawing 12]



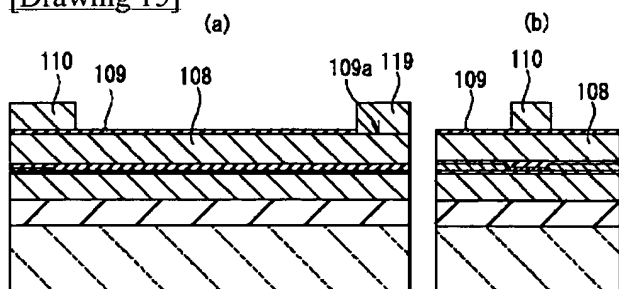
[Drawing 13]



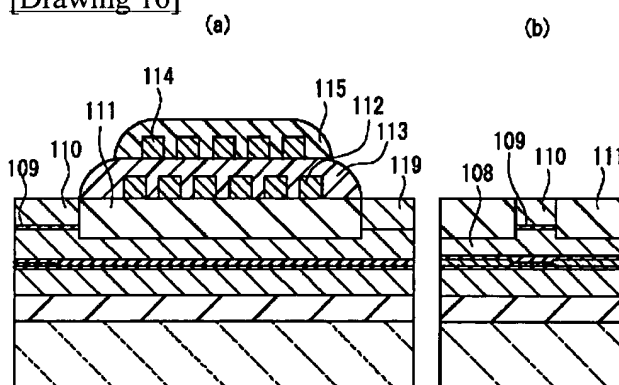
[Drawing 14]



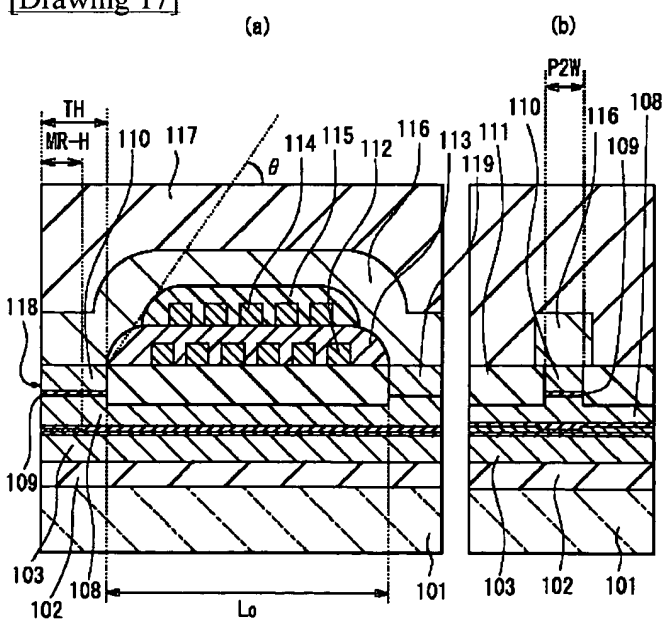
[Drawing 15]



[Drawing 16]



[Drawing 17]



---

[Translation done.]

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-311311

(43)Date of publication of application : 07.11.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/31

(21)Application number : 11-121110

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 28.04.1999

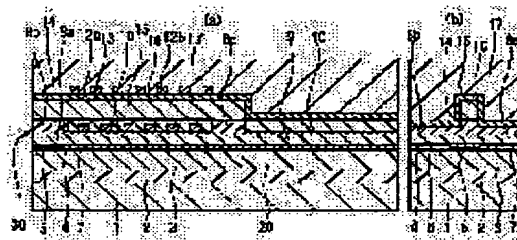
(72)Inventor : SASAKI YOSHITAKA

## (54) THIN-FILM MAGNETIC HEAD AND ITS PRODUCTION

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable the reduction of the track width of an induction type magnetic converting element and the reduction of a magnetic path length.

**SOLUTION:** The thin-film magnetic head has a reproducing head and a recording head. The recording head has lower magnetic pole layers 8a to 8c and upper magnetic pole layers 15 including magnetic pole portions facing each other via magnetic gap layers 14 and thin-film coils 12a and 12b which partly pass therebetween and helically wound around the upper magnetic pole layers 15. The lower magnetic pole layers 8 have the first portion 8a arranged in the region inclusive of the region facing the first layer portion 12a of the thin-film coils 12a and 12b and the second portion 8b which is connected to the surface on the upper magnetic pole layer 15 side in the first portion 8a and forms the magnetic pole portion. The first layer portion 12a of the thin-film coils 12a and 12b is arranged alongside the second portion 8b. The first layer portion 12b of the thin-film coils is formed via an insulating film 16 on the upper magnetic pole layer 15.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.02.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-311311

(P2000-311311A)

(43)公開日 平成12年11月7日(2000.11.7)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 1 1 B 5/31

識別記号

F I

G 1 1 B 5/31

テマコード\*(参考)

F 5 D 0 3 3

C

D

K

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 17 頁)

(21)出願番号 特願平11-121110

(22)出願日 平成11年4月28日(1999.4.28)

(71)出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72)発明者 佐々木 芳高

東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(74)代理人 100107559

弁理士 星宮 勝美

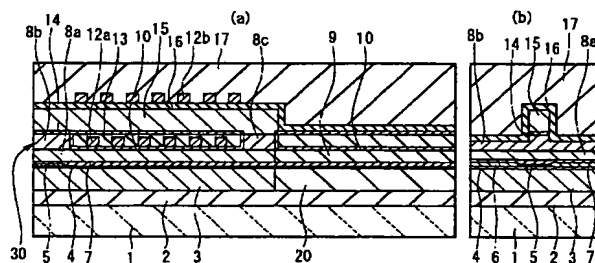
Fターム(参考) 5D033 BA07 BA36 BA37 BB43 DA02  
DA31

(54)【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 誘導型磁気変換素子のトラック幅の縮小および磁路長の縮小を可能にする。

【解決手段】 薄膜磁気ヘッドは、再生ヘッドと記録ヘッドとを備えている。記録ヘッドは、記録ギャップ層14を介して互に対向する磁極部分を含む下部磁極層8a～8cおよび上部磁極層15と、一部がこれらの間を通過し、上部磁極層15を中心にして螺旋状に巻回された薄膜コイル12a、12bとを有している。下部磁極層は、薄膜コイルの第1層部分12aに対向する領域を含む領域に配置された第1の部分8aと、第1の部分8aにおける上部磁極層15側の面に接続され、磁極部分を形成する第2の部分8bとを有し、薄膜コイルの第1層部分12aは第2の部分8bの側方に配置されている。薄膜コイルの第1層部分12bは、上部磁極層15の上に絶縁膜16を介して形成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 磁気的に連結され、且つ記録媒体に対向する側の一部が記録ギャップ層を介して互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも 1 つの層からなる第 1 および第 2 の磁性層と、

前記第 1 および第 2 の磁性層に対して絶縁された状態で、一部が前記第 1 および第 2 の磁性層の間を通過し、且つ少なくとも一方の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された薄膜コイルとを備え、

前記第 1 の磁性層は、前記薄膜コイルの一部に対向する第 1 の部分と、前記第 1 の部分における前記第 2 の磁性層側の面に接続され、磁極部分を形成する第 2 の部分とを有し、  
前記薄膜コイルの一部は、前記第 1 の磁性層の第 2 の部分の側方に配置されていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】 前記薄膜コイルは、前記第 2 の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された部分を有することを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】 前記第 2 の磁性層は、磁極部分を形成する磁極部分層と、この磁極部分層に接続され、ヨーク部分を形成するヨーク部分層とを有することを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】 前記薄膜コイルは、前記第 1 の磁性層の第 2 の部分の側方を通過し、前記第 2 の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された第 1 の部分と、前記第 2 の磁性層の磁極部分層の側方を通過し、前記第 2 の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された第 2 の部分とを有することを特徴とする請求項 3 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】 前記薄膜コイルは、前記第 1 の磁性層の第 2 の部分の側方を通過し、前記第 1 の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された第 1 の部分と、前記第 2 の磁性層の磁極部分層の側方を通過し、前記第 2 の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された第 2 の部分とを有することを特徴とする請求項 3 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】 前記第 2 の磁性層のヨーク部分層の記録媒体に対向する側の端面は、薄膜磁気ヘッドの記録媒体に対向する面から離れた位置に配置されていることを特徴とする請求項 3 ないし 5 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 7】 前記第 1 の磁性層の第 2 の部分がスロートハイトを規定し、前記第 2 の磁性層が記録トラック幅を規定することを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 8】 更に、前記第 1 の磁性層の第 2 の部分の側方に配置された薄膜コイルの一部を覆い、前記記録ギャップ層側の面が平坦化された絶縁層を備えたことを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 9】 更に、磁気抵抗素子と、記録媒体に対向

する側の一部が前記磁気抵抗素子を挟んで対向するように配置され、前記磁気抵抗素子をシールドするための第 1 および第 2 のシールド層とを備えたことを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 10】 前記第 1 の磁性層は、前記第 2 のシールド層を兼ねていることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 11】 磁気的に連結され、且つ記録媒体に対向する側の一部が記録ギャップ層を介して互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも 1 つの層からなる第 1 および第 2 の磁性層と、  
前記第 1 および第 2 の磁性層に対して絶縁された状態で、一部が前記第 1 および第 2 の磁性層の間を通過する薄膜コイルとを備えた薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記第 1 の磁性層を形成する工程と、  
前記第 1 の磁性層の上に、前記記録ギャップ層を形成する工程と、  
前記記録ギャップ層の上に、前記第 2 の磁性層を形成する工程と、

前記第 1 および第 2 の磁性層に対して絶縁された状態で、一部が前記第 1 および第 2 の磁性層の間を通過し、且つ少なくとも一方の磁性層を中心にして螺旋状に巻回されるように、前記薄膜コイルを形成する工程とを含み、

前記第 1 の磁性層を形成する工程は、前記薄膜コイルの一部に対向する第 1 の部分と、前記第 1 の部分における前記第 2 の磁性層側の面に接続され、磁極部分を形成する第 2 の部分とを形成し、

前記薄膜コイルを形成する工程は、前記薄膜コイルの一部が前記第 1 の磁性層の第 2 の部分の側方に配置されるように薄膜コイルを形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 12】 前記薄膜コイルを形成する工程は、前記第 2 の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された部分を有する薄膜コイルを形成することを特徴とする請求項 11 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 13】 前記第 2 の磁性層を形成する工程は、磁極部分を形成する磁極部分層と、この磁極部分層に接続され、ヨーク部分を形成するヨーク部分層とを形成することを特徴とする請求項 11 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 14】 前記薄膜コイルを形成する工程は、前記第 1 の磁性層の第 2 の部分の側方を通過し、前記第 2 の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された第 1 の部分と、前記第 2 の磁性層の磁極部分層の側方を通過し、前記第 2 の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された第 2 の部分とを形成することを特徴とする請求項 13 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 15】 前記薄膜コイルを形成する工程は、前

記第1の磁性層の第2の部分の側方を通し、前記第1の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された第1の部分と、前記第2の磁性層の磁極部分層の側方を通し、前記第2の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された第2の部分とを形成することを特徴とする請求項13記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項16】 前記第2の磁性層を形成する工程は、前記第2の磁性層のヨーク部分層の記録媒体に対向する側の端面を、薄膜磁気ヘッドの記録媒体に対向する面から離れた位置に配置することを特徴とする請求項13ないし15のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項17】 前記第1の磁性層を形成する工程は、前記第2の部分がスロートハイトを規定するように、第1の磁性層を形成し、前記第2の磁性層を形成する工程は、前記第2の磁性層が記録トラック幅を規定するように、第2の磁性層を形成することを特徴とする請求項11ないし16のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項18】 更に、前記第1の磁性層の第2の部分の側方に配置された薄膜コイルの一部を覆い、前記記録ギャップ層側の面が平坦化された絶縁層を形成する工程を含むことを特徴とする請求項11ないし17のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項19】 更に、磁気抵抗素子と、記録媒体に対向する側の一部が前記磁気抵抗素子を挟んで対向するように配置され、前記磁気抵抗素子をシールドするための第1および第2のシールド層とを形成する工程を含むことを特徴とする請求項11ないし18のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項20】 前記第1の磁性層は、前記第2のシールド層を兼ねていることを特徴とする請求項11ないし19のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、少なくとも誘導型磁気変換素子を有する薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録ヘッドと読み出し用の磁気抵抗（以下、MR（Magnetoresistive）とも記す。）素子を有する再生ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。

【0003】ところで、記録ヘッドの性能のうち、記録密度を高めるには、磁気記録媒体におけるトラック密度を上げる必要がある。このためには、記録ギャップ層を挟んでその上下に形成された下部磁極および上部磁極の

エアベアリング面での幅を数ミクロンからサブミクロン寸法まで狭くした狭トラック構造の記録ヘッドを実現する必要がある、これを達成するために半導体加工技術が利用されている。

【0004】ここで、図14ないし図17を参照して、従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例として、複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例について説明する。なお、図14ないし図17において、(a)はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(b)は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

【0005】この製造方法では、まず、図14に示したように、例えばアルティック（ $Al_2O_3 \cdot TiC$ ）よりなる基板101の上に、例えばアルミナ（ $Al_2O_3$ ）よりなる絶縁層102を、約5～10 $\mu m$ 程度の厚みで堆積する。次に、絶縁層102の上に、磁性材料よりなる再生ヘッド用の下部シールド層103を形成する。

【0006】次に、下部シールド層103の上に、例えばアルミナを100～200nmの厚みにスパッタ堆積し、絶縁層としての下部シールドギャップ膜104を形成する。次に、下部シールドギャップ膜104の上に、再生用のMR素子105を、数十nmの厚みに形成する。次に、下部シールドギャップ膜104の上に、MR素子105に電氣的に接続される一対の電極層106を形成する。

【0007】次に、下部シールドギャップ膜104およびMR素子105の上に、絶縁層としての上部シールドギャップ膜107を形成し、MR素子105をシールドギャップ膜104、107内に埋設する。

【0008】次に、上部シールドギャップ膜107の上に、磁性材料からなり、再生ヘッドと記録ヘッドの双方に用いられる上部シールド層兼下部磁極層（以下、下部磁極層と記す。）108を、約3 $\mu m$ の厚みに形成する。

【0009】次に、図15に示したように、下部磁極層108の上に、絶縁膜、例えばアルミナ膜よりなる記録ギャップ層109を、0.2 $\mu m$ の厚みに形成する。次に、磁路形成のために、記録ギャップ層109を部分的にエッチングして、コンタクトホール109aを形成する。次に、磁極部分における記録ギャップ層109の上に、記録ヘッド用の磁性材料よりなる上部磁極チップ110を、0.5～1.0 $\mu m$ の厚みに形成する。このとき、同時に、磁路形成のためのコンタクトホール109aの上に、磁路形成のための磁性材料からなる磁性層119を形成する。

【0010】次に、図16に示したように、上部磁極チップ110をマスクとして、イオンミリングによって、記録ギャップ層109と下部磁極層108をエッチングする。図16(b)に示したように、上部磁極部分（上部磁極チップ110）、記録ギャップ層109および下部磁極層108の一部の各側壁が垂直に自己整合的に形

成された構造は、トリム(Trim)構造と呼ばれる。

【0011】次に、全面に、例えばアルミナ膜よりなる絶縁層111を、約 $3\mu\text{m}$ の厚みに形成する。次に、この絶縁層111を、上部磁極チップ110および磁性層119の表面に至るまで研磨して平坦化する。

【0012】次に、平坦化された絶縁層111の上に、例えば銅(Cu)よりなる誘導型の記録ヘッド用の第1層目の薄膜コイル112を形成する。次に、絶縁層111およびコイル112の上に、フォトレジスト層113を、所定のパターンに形成する。次に、フォトレジスト層113の表面を平坦にするために所定の温度で熱処理する。次に、フォトレジスト層113の上に、第2層目の薄膜コイル114を形成する。次に、フォトレジスト層113およびコイル114上に、フォトレジスト層115を、所定のパターンに形成する。次に、フォトレジスト層115の表面を平坦にするために所定の温度で熱処理する。

【0013】次に、図17に示したように、上部磁極チップ110、フォトレジスト層113、115および磁性層119の上に、記録ヘッド用の磁性材料、例えばパーマロイよりなる上部磁極層116を形成する。次に、上部磁極層116の上に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層117を形成する。最後に、スライダの機械加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面118を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0014】図17において、THは、スロートハイトを表し、MR-Hは、MRハイトを表している。なお、スロートハイトとは、2つの磁極層が記録ギャップ層を介して対向する部分の、エアベアリング面側の端部から反対側の端部までの長さ(高さ)をいう。また、MRハイトとは、MR素子のエアベアリング面側の端部から反対側の端部までの長さ(高さ)をいう。また、図17において、P2Wは、磁極幅、すなわち記録トラック幅を表している。薄膜磁気ヘッドの性能を決定する要因として、スロートハイトやMRハイト等の他に、図17において $\theta$ で示したようなエイベックスアングル(Apex Angle)がある。このエイベックスアングルは、フォトレジスト層113、115で覆われて山状に盛り上がったコイル部分(以下、エイベックス部と言う。)における磁極側の側面の角部を結ぶ直線と絶縁層111の上面とのなす角度をいう。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】薄膜磁気ヘッドの性能を向上させるには、図17に示したようなスロートハイトTH、MRハイトMR-H、エイベックスアングル $\theta$ および記録トラック幅P2Wを正確に形成することが重要である。

【0016】特に、近年は、高密度記録を可能とするため、すなわち、狭トラック構造の記録ヘッドを形成す

るために、トラック幅P2Wには $1.0\mu\text{m}$ 以下のサブミクロン寸法が要求されている。そのために半導体加工技術を利用して上部磁極をサブミクロン寸法に加工する技術が必要となる。

【0017】ここで、問題となるのは、エイベックス部の上に形成される上部磁極層を微細に形成することが困難なことである。

【0018】ところで、上部磁極層を形成する方法としては、例えば、特開平7-262519号公報に示されるように、フレームめっき法が用いられる。フレームめっき法を用いて上部磁極層を形成する場合は、まず、エイベックス部の上に全体的に、例えばパーマロイよりなる薄い電極膜を、例えばスパッタリングによって形成する。次に、その上にフォトレジストを塗布し、フォトリソグラフィ工程によりパターンニングして、めっきのためのフレーム(外枠)を形成する。そして、先に形成した電極膜をシード層として、めっき法によって上部磁極層を形成する。

【0019】ところが、エイベックス部と他の部分とでは、例えば $7\sim 10\mu\text{m}$ 以上の高低差がある。このエイベックス部上に、フォトレジストを $3\sim 4\mu\text{m}$ の厚みで塗布する。エイベックス部上のフォトレジストの膜厚が最低 $3\mu\text{m}$ 以上必要であるとする、流動性のあるフォトレジストは低い方に集まることから、エイベックス部の下方では、例えば $8\sim 10\mu\text{m}$ 以上の厚みのフォトレジスト膜が形成される。

【0020】上述のようにサブミクロン寸法の記録トラック幅を実現するには、フォトレジスト膜によってサブミクロン寸法の幅のフレームパターンを形成する必要がある。従って、エイベックス部上で、 $8\sim 10\mu\text{m}$ 以上の厚みのあるフォトレジスト膜によって、サブミクロン寸法の微細なパターンを形成しなければならない。ところが、このような厚い膜厚のフォトレジストパターンを狭パターン幅で形成することは製造工程上極めて困難であった。

【0021】しかも、フォトリソグラフィの露光時に、露光用の光が、シード層としての下地電極膜で反射し、この反射光によってもフォトレジストが感光して、フォトレジストパターンのくずれ等が生じ、シャープかつ正確なフォトレジストパターンが得られなくなる。

【0022】このように、従来は、磁極幅がサブミクロン寸法になると、上部磁性層を精度よく形成することが困難になるという問題点があった。

【0023】このようなことから、上述の従来例の図15ないし図17の工程でも示したように、記録ヘッドの狭トラックの形成に有効な上部磁極チップ110によって、 $1.0\mu\text{m}$ 以下のトラック幅を形成した後、この上部磁極チップ110と接続されるヨーク部分となる上部磁極層116を形成する方法も採用されている(特開昭62-245509号公報、特開昭60-10409号



公報参照)。このように、通常の上部磁極層を、上部磁極チップ110とヨーク部分となる上部磁極層116とに分割することにより、トラック幅を決定する上部磁極チップ110を、記録ギャップ層109の上の平坦な面の上に、サブミクロン幅で微細に形成することが可能になる。

【0024】しかしながら、このような薄膜磁気ヘッドにおいても、依然として、以下のような問題点があった。

【0025】(1) まず、図17に示した従来の薄膜磁気ヘッドでは、上部磁極チップ110によって記録ヘッドのトラック幅が規定されるため、上部磁極層116は、上部磁極チップ110ほどには微細に加工する必要はないと言える。それでも、記録ヘッドのトラック幅が極微細、特に $0.5\mu\text{m}$ 以下になると、上部磁極層116においてもサブミクロン幅の加工精度が要求される。しかしながら、従来の薄膜磁気ヘッドでは、上部磁極層116はエイベックス部の上に形成されることから、前述の理由により、上部磁極層116を微細に形成することが困難であった。また、上部磁極層116は、幅の狭い上部磁極チップ110に対して磁気的に接続する必要があることから、上部磁極チップ110よりも広い幅に形成する必要があった。これらの理由から、従来の薄膜磁気ヘッドでは、上部磁極層116は上部磁極チップ110よりも広い幅に形成される。そのため、従来の薄膜磁気ヘッドでは、上部磁極層116側で書き込みが行われ、記録媒体に対して、本来、記録すべき領域以外の領域にもデータを書き込んでしまう、いわゆるサイドライトが発生するという不具合があった。このような不具合は、記録ヘッドの性能を向上させるためにコイルを2層や3層に形成した場合に、コイルを1層に形成する場合に比べてエイベックス部の高さが高くなり、より顕著になる。

【0026】(2) また、従来の磁気ヘッドでは、上部磁極チップ110のエアベアリング面118から遠い側の端部においてスロートハイトを決定している。しかし、この上部磁極チップ110の幅が狭くなると、フォトリソグラフィにおいて、パターンエッジが丸みを帯びて形成される。そのため、高精度な寸法を要求されるスロートハイトが不均一となり、エアベアリング面118の加工、研磨工程において、MR素子のトラック幅とこの間のバランスに欠ける事態が発生していた。例えば、トラック幅として、 $0.5\sim 0.6\mu\text{m}$ 必要なときに、上部磁極チップ110のエアベアリング面118から遠い側の端部がスロートハイトゼロ位置(スロートハイトを決定する絶縁層のエアベアリング面側の端部の位置)からエアベアリング面118側にずれ、大きく記録ギャップが開き、記録データの書き込みができなくなるという問題がしばしば発生していた。

【0027】上記(1)、(2)の問題点から、従来

は、記録ヘッドのトラック幅の縮小が難しかった。

【0028】(3) 更に、従来の薄膜磁気ヘッドでは、磁路長(Yoke Length)を短くすることが困難であるという問題点があった。すなわち、コイルピッチが小さいほど、磁路長の短いヘッドを実現することができ、特に高周波特性に優れた記録ヘッドを形成することができるが、コイルピッチを限りなく小さくしていった場合、スロートハイトゼロ位置からコイルの外周端までの距離が、磁路長を短くすることを妨げる大きな要因となっていた。磁路長は、1層のコイルよりは2層のコイルの方が短くできることから、多くの高周波用の記録ヘッドでは2層コイルを採用している。しかしながら、従来の磁気ヘッドでは、1層目のコイルを形成した後、コイル間の絶縁膜を形成するために、フォトレジスト膜を約 $2\mu\text{m}$ の厚みで形成している。そのため、1層目のコイルの外周端には丸みを帯びた小さなエイベックス部が形成される。次に、その上に2層目のコイルを形成するが、その際に、エイベックス部の傾斜部では、コイルのシード層のエッチングができず、コイルがショートするため、2層目のコイルは平坦部に形成する必要がある。

【0029】従って、例えば、コイルの厚みを $2\sim 3\mu\text{m}$ とし、コイル間絶縁膜の厚みを $2\mu\text{m}$ とし、エイベックスアングルを $45^\circ\sim 55^\circ$ とすると、磁路長としては、コイルに対応する部分の長さに加え、コイルの外周端からスロートハイトゼロ位置の近傍までの距離である $4\sim 5\mu\text{m}$ の距離の2倍(上部磁極層と下部磁極層とのコンタクト部からコイル内周端までの距離も $4\sim 5\mu\text{m}$ 必要。)の $8\sim 10\mu\text{m}$ が必要である。このコイルに対応する部分以外の長さが、磁路長の縮小を妨げる要因となっていた。

【0030】ここで、例えば、コイルの線幅が $1.0\mu\text{m}$ 、スペースが $1.0\mu\text{m}$ の11巻コイルを2層で形成する場合を考える。この場合、図17に示したように、1層目を6巻、2層目を5巻とすると、磁路長のうち、1層目のコイル112に対応する部分の長さは $11\mu\text{m}$ である。磁路長には、これに加え、1層目のコイル112の外周端および内周端より、1層目のコイル112を絶縁するためのフォトレジスト層113の端部までの距離として、合計 $8\sim 10\mu\text{m}$ の長さが必要になる。なお、本出願では、磁路長を、図17において符号L<sub>0</sub>で示したように、磁極層のうちの磁極部分およびコンタクト部分を除いた部分の長さで表す。このように、従来は、磁路長の縮小が困難であり、これが高周波特性の改善を妨げていた。

【0031】ところで、図17に示した薄膜磁気ヘッドでは、コイルは、渦巻き状に巻回されている。これに対し、例えば米国特許第5,703,740号、特開昭48-55718号公報、特開昭60-113310号公報、特開昭63-201908号公報には、コイルを、磁極層を中心にして螺旋状(つる巻き状)に巻回した薄

膜磁気ヘッドが示されている。このようにコイルを螺旋状に巻回した構造によれば、コイルで発生した起磁力を効率よく磁極層に伝えることができるため、コイルを渦巻き状に巻回した構造に比べて、コイルの巻き数を少なくすることができ、その結果、磁路長の縮小が可能となる。

【0032】しかしながら、このようにコイルを螺旋状に巻回した構造の従来の薄膜磁気ヘッドにおいても、エイバックス部ができるため、依然として、上述のようにエイバックス部に起因する問題点が残っている。

【0033】本発明はかかる問題点を鑑みてなされたもので、その目的は、誘導型磁気変換素子のトラック幅の縮小および磁路長の縮小を可能にした薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法を提供することにある。

【0034】

【課題を解決するための手段】本発明の薄膜磁気ヘッドは、磁氣的に連結され、且つ記録媒体に対向する側の一部が記録ギャップ層を介して互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層からなる第1および第2の磁性層と、第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で、一部が第1および第2の磁性層の間を通過し、且つ少なくとも一方の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された薄膜コイルとを備え、第1の磁性層は、薄膜コイルの一部に対向する第1の部分と、第1の部分における第2の磁性層側の面に接続され、磁極部分を形成する第2の部分とを有し、薄膜コイルの一部は、第1の磁性層の第2の部分の側方に配置されているものである。

【0035】本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、磁氣的に連結され、且つ記録媒体に対向する側の一部が記録ギャップ層を介して互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層からなる第1および第2の磁性層と、第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で、一部が第1および第2の磁性層の間を通過する薄膜コイルとを備えた薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、第1の磁性層を形成する工程と、第1の磁性層の上に、記録ギャップ層を形成する工程と、記録ギャップ層の上に、第2の磁性層を形成する工程と、第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で、一部が第1および第2の磁性層の間を通過し、且つ少なくとも一方の磁性層を中心にして螺旋状に巻回されるように、薄膜コイルを形成する工程とを含み、第1の磁性層を形成する工程は、薄膜コイルの一部に対向する第1の部分と、第1の部分における第2の磁性層側の面に接続され、磁極部分を形成する第2の部分とを形成し、薄膜コイルを形成する工程は、薄膜コイルの一部が第1の磁性層の第2の部分の側方に配置されるように薄膜コイルを形成するものである。

【0036】本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、薄膜コイルは、一部が第1および第2の磁性層

の間を通過し、且つ少なくとも一方の磁性層を中心にして螺旋状（つる巻き状）に巻回されるように設けられる。これにより、磁路長の縮小が可能になる。また、本発明では、第1の磁性層は、薄膜コイルの一部に対向する第1の部分と、第1の部分における第2の磁性層側の面に接続され、磁極部分を形成する第2の部分とを有し、薄膜コイルの一部は、第1の磁性層の第2の部分の側方に配置される。これにより、第2の磁性層を平坦な面の上に形成することが可能となり、その結果、記録ヘッドのトラック幅の縮小が可能になる。

【0037】また、本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、薄膜コイルは、例えば、第2の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された部分を有する。

【0038】また、本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、第2の磁性層は、例えば、磁極部分を形成する磁極部分層と、この磁極部分層に接続され、ヨーク部分を形成するヨーク部分層とを有していてもよい。この場合、薄膜コイルは、第1の磁性層の第2の部分の側方を通過し、第2の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された第1の部分と、第2の磁性層の磁極部分層の側方を通過し、第2の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された第2の部分とを有していてもよい。あるいは、薄膜コイルは、第1の磁性層の第2の部分の側方を通過し、第1の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された第1の部分と、第2の磁性層の磁極部分層の側方を通過し、第2の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された第2の部分とを有していてもよい。また、第2の磁性層のヨーク部分層の記録媒体に対向する側の端面を、薄膜磁気ヘッドの記録媒体に対向する面から離れた位置に配置してもよい。

【0039】また、本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、第1の磁性層の第2の部分がスロートハイトを規定し、第2の磁性層が記録トラック幅を規定するようにしてもよい。

【0040】また、本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、更に、第1の磁性層の第2の部分の側方に配置された薄膜コイルの一部を覆い、記録ギャップ層側の面が平坦化された絶縁層を設けてもよい。

【0041】また、本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、更に、磁気抵抗素子と、記録媒体に対向する側の一部が磁気抵抗素子を挟んで対向するように配置され、磁気抵抗素子をシールドするための第1および第2のシールド層とを設けてもよい。この場合、第1の磁性層は、第2のシールド層を兼ねていてもよい。

【0042】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【第1の実施の形態】まず、図1ないし図7を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法について説明する。なお、図1ないし図6において、(a)はエアベアリング面に垂直な断面

を示し、(b)は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

【0043】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、図1に示したように、例えばアルティ  
ック( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$ )よりなる基板1の上に、例  
えばアルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )よりなる絶縁層2を、約 $5\mu\text{m}$   
の厚みで堆積する。次に、絶縁層2の上に、磁性材料、  
例えばパーマロイよりなる再生ヘッド用の下部シールド  
層3を、約 $3\mu\text{m}$ の厚みに形成する。下部シールド層3  
は、例えば、フォトリソ膜をマスクにして、めっき  
法によって、絶縁層2の上に選択的に形成する。次に、  
全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層20を、例えば  
4~ $6\mu\text{m}$ の厚みに形成し、例えばCMP(化学機械研  
磨)によって、下部シールド層3が露出するまで研磨し  
て、表面を平坦化処理する。

【0044】次に、図2に示したように、下部シールド  
層3の上に、例えばアルミナまたは窒化アルミニウム  
をスパッタ堆積し、絶縁層としての下部シールドギャ  
ップ膜4を形成する。次に、下部シールドギャップ膜4の  
上に、再生用のMR素子5を、数十nmの厚みに形成す  
る。MR素子5は、例えば、スパッタによって形成した  
MR膜を選択的にエッチングすることによって形成す  
る。なお、MR素子5には、AMR素子、GMR素子、  
あるいはTMR(トンネル磁気抵抗効果)素子等の磁気  
抵抗効果を示す感磁膜を用いた素子を用いることがで  
きる。次に、下部シールドギャップ膜4の上に、MR素子  
5に電気的に接続される一対の電極層6を、数十nmの  
厚みに形成する。次に、下部シールドギャップ膜4およ  
びMR素子5の上に、絶縁層としての上部シールドギャ  
ップ膜7を形成し、MR素子5をシールドギャップ膜  
4、7内に埋設する。

【0045】次に、上部シールドギャップ膜7の上に、  
磁性材料からなり、再生ヘッドと記録ヘッドの双方に用  
いられる上部シールド層兼下部磁極層(以下、下部磁極  
層と記す。)の第1の部分8aを、約 $1.0\sim 2.0\mu\text{m}$   
の厚みで、選択的に形成する。下部磁極層の第1の部  
分8aは、後述する薄膜コイルの一部に対向する。

【0046】次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶  
縁層9を、約 $3\sim 4\mu\text{m}$ の厚みに形成する。次に、例  
えばCMPによって、下部磁極層の第1の部分8aが露出  
するまで、絶縁層9を研磨して、表面を平坦化処理す  
る。

【0047】次に、図3に示したように、下部磁極層の  
第1の部分8aの上に、下部磁極層の第2の部分8bお  
よび第3の部分8cを、約 $1.5\sim 2.5\mu\text{m}$ の厚みに  
形成する。第2の部分8bは、下部磁極層の磁極部分を  
形成し、第1の部分8aの上部磁極層側の面に接続され  
る。第3の部分8cは、第1の部分8aと上部磁極層と  
を接続するための部分である。本実施の形態において、  
第2の部分8bのエアベアリング面30とは反対側(図

において右側)の端部の位置は、スロートハイトを規定  
する。すなわち、この位置が、磁極部分のエアベアリン  
グ面30とは反対側の端部の位置であるスロートハイト  
ゼロ位置となる。

【0048】下部磁極層の第2の部分8bおよび第3の  
部分8cは、NiFe(Ni:80重量%, Fe:20  
重量%)や、高飽和磁束密度材料であるNiFe(N  
i:45重量%, Fe:55重量%)等を用い、めっき  
法によって所定のパターンに形成してもよいし、高飽和  
磁束密度材料であるFeN, FeZrN等の材料を用  
い、スパッタ後、イオンミリング等によって選択的にエ  
ッチングして所定のパターンに形成してもよい。この他  
にも、高飽和磁束密度材料であるCoFe, Co系アモ  
ルファス材等を用いてもよい。

【0049】次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶  
縁膜10を、約 $0.3\sim 0.6\mu\text{m}$ の厚みに形成する。

【0050】次に、図示しないが、絶縁膜10の上に、  
めっき法によって薄膜コイルの第1層部分を形成するた  
めのシード層を、例えばスパッタによって形成する。次  
に、その上にフォトリソ膜を塗布し、フォトリソグラ  
フィ工程によりパターンニングして、めっきのためのフレ  
ーム11を形成する。

【0051】次に、フレーム11を用いて、フレームめ  
っき法によって、例えば銅(Cu)よりなる薄膜コイル  
の第1層部分12aを、例えば約 $1.0\sim 2.0\mu\text{m}$ の  
厚みに形成する。薄膜コイルの第1層部分12aは、下  
部磁極層の第2の部分8bの側方に配置される。また、  
薄膜コイルの第1層部分12aは、図3(a)における  
紙面に交差する方向に延びる複数の四角柱状の部分から  
なる。

【0052】次に、図4に示したように、フレーム11  
とその下のシード層を除去した後、全体に、例えばアル  
ミナよりなる絶縁層13を、約 $3\sim 4\mu\text{m}$ の厚みに形成  
する。次に、例えばCMPによって、下部磁極層の第2  
の部分8bと第3の部分8cが露出するまで、絶縁層1  
3を研磨して、表面を平坦化処理する。ここで、図4で  
は、薄膜コイルの第1層部分12aは露出していない  
が、第1層部分12aが露出するようにしてもよい。

【0053】次に、図5に示したように、下部磁極層の  
第2の部分8bと第3の部分8c、および絶縁層13の  
上に、絶縁材料よりなる記録ギャップ層14を、例えば  
 $0.2\sim 0.3\mu\text{m}$ の厚みに形成する。記録ギャップ層  
14に使用する絶縁材料としては、一般的に、アルミ  
ナ、窒化アルミニウム、シリコン酸化物系材料、シリコ  
ン窒化物系材料、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)  
等がある。

【0054】次に、磁路形成のために、下部磁極層の第  
3の部分8cの上において、記録ギャップ層14を部分  
的にエッチングしてコンタクトホールを形成する。

【0055】次に、記録ギャップ層14の上に、上部磁

極層15を、例えば約2.0~3.0 $\mu\text{m}$ の厚みに形成する。上部磁極層15は、NiFe (Ni:80重量%, Fe:20重量%)や、高飽和磁束密度材料であるNiFe (Ni:45重量%, Fe:55重量%)等を用い、めっき法によって所定のパターンに形成してもよいし、高飽和磁束密度材料であるFeN, FeZrN等の材料を用い、スパッタ後、イオンミリング等によって選択的にエッチングして所定のパターンに形成してもよい。この他にも、高飽和磁束密度材料であるCoFe, Co系アモルファス材等を用いてもよい。また、高周波

【0056】次に、上部磁極層15をマスクとして、ドライエッチングにより、記録ギャップ層14を選択的にエッチングする。このときのドライエッチングには、例えば、BCl<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>等の塩素系ガスや、CF<sub>4</sub>, SF<sub>6</sub>等のフッ素系ガス等のガスを用いた反応性イオンエッチング(RIE)が用いられる。次に、例えばアルゴンイオンミリングによって、下部磁極層の第2の部分8bを

【0057】次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁膜16を、約0.3~0.9 $\mu\text{m}$ の厚みに形成する。

【0058】次に、図示しないが、薄膜コイルの第1層部分12aの各四角柱部分における両端部の上側の部分において、例えば反応性イオンエッチングやイオンミ

【0059】次に、上部磁極層15の上に位置する絶縁膜16の上に、フレームめっき法によって、例えば銅(Cu)よりなる薄膜コイルの第2層部分12bを、例えば約1.0~2.0 $\mu\text{m}$ の厚みに形成する。薄膜コイルの第2層部分12bは、図5(a)における紙面に直交する方向に延びる複数の四角柱状の部分からなる。この薄膜コイルの第2層部分12bの各四角柱部分における両端部は、上記のコンタクトホールに薄膜コイルの材料が充填されて形成される連結部を介して、薄膜コイルの第1層部分12aの各四角柱部分における両端部に接続される。

【0060】次に、図6に示したように、全体に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層17を、例えば20~40 $\mu\text{m}$ の厚みに形成し、その表面を平坦化して、その上に、図示しない電極用パッドを形成する。最後に、スライダの研磨加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面30を形成して、本実施の

形態に係る薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0061】本実施の形態では、第1の部分8a、第2の部分8bおよび第3の部分8cよりなる下部磁極層が、本発明における第1の磁性層に対応し、上部磁極層15が、本発明における第2の磁性層に対応する。また、下部シールド層3は、本発明における第1のシールド層に対応する。また、下部磁極層は、上部シールド層を兼ねているので、本発明における第2のシールド層にも対応する。

【0062】図7は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面図である。なお、この図では、オーバーコート層17や、その他の絶縁層および絶縁膜を省略している。なお、図7において、図中、符号8Bは、トリム構造とするために下部磁極層の第2の部分8bがエッチングされている部分を表している。

【0063】図7に示したように、上部磁極層15は、記録ギャップ層14を介して下部磁極層の第2の部分8bに対向する位置に配置された磁極部分15Aと、薄膜コイルの第1層部分12aに対向する領域に配置されると共に磁極部分15Aに連結されたヨーク部分15Bとを有している。磁極部分15Aとヨーク部分15Bとの連結部の位置は、スロートハイトゼロ位置TH0またはその近傍の位置になっている。磁極部分15Aは狭い一定の幅を有している。この磁極部分15Aの幅が記録ヘッドのトラック幅を規定する。

【0064】また、図7において、符号12は、第1層部分12aと、第2層部分12bと、これらを連結する連結部12cとを含む薄膜コイルを表している。薄膜コイル12の第1層部分12aと第2層部分12bは、連結部12cを介してジグザク形に連結されている。これにより、薄膜コイル12は、上部磁極層15のヨーク部分15Bを中心にして螺旋状に巻回される。

【0065】以上説明したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、再生ヘッドと記録ヘッド(誘導型磁気変換素子)とを備えている。再生ヘッドは、MR素子5と、記録媒体に対向する側の一部がMR素子5を挟んで対向するように配置され、MR素子5をシールドするための下部シールド層3および上部シールド層(下部磁極層)とを有している。

【0066】記録ヘッドは、磁気的に連結され、且つ記録媒体に対向する側の一部が記録ギャップ層14を介して互に対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層からなる下部磁極層(8a~8c)および上部磁極層15と、これらに対して絶縁された状態で、一部が下部磁極層および上部磁極層15の間を通過し、且つ上部磁極層15を中心にして螺旋状に巻回された薄膜コイル12とを有している。

【0067】本実施の形態では、下部磁極層は、薄膜コイルの第1層部分12aに対向する第1の部分8aと、この第1の部分8aにおける上部磁極層15側の面に接

続され、磁極部分を形成する第2の部分8bとを有し、薄膜コイル12の第1層部分12aは、下部磁極層の第2の部分8bの側方に配置されている。

【0068】本実施の形態によれば、薄膜コイル12を、上部磁極層15を中心にして螺旋状に巻回したので、薄膜コイル12で発生した起磁力を効率よく上部磁極層15に伝えることができる。そのため、薄膜コイルを渦巻き状に巻回した構造に比べて、薄膜コイル12の巻き数を少なくすることができる。

【0069】更に、本実施の形態では、薄膜コイル12の第1層部分12aを、下部磁極層の第1の部分8aの上であって第2の部分8bの側方に配置し、薄膜コイル12の第1層部分12aを覆う絶縁層13の上面を平坦化し、上部磁極層15を平坦な面の上に形成している。そのため、薄膜コイル12の第1層部分12aと第2層部分12bの双方を、平坦な面の上に形成することができる。これにより、薄膜コイル12を微細に形成することが可能になる。

【0070】更に、本実施の形態によれば、エイベックス部が存在しないので、スロートハイトゼロ位置TH0の近くに、薄膜コイル12の端部を配置することができる。

【0071】これらのことから、本実施の形態によれば、例えば従来に比べて30～50%以下程度に、磁路長の縮小が可能となる。更に、薄膜コイル12で発生した起磁力が途中で飽和することを防止でき、薄膜コイル12で発生した起磁力を効率よく記録に利用することができる。従って、本実施の形態によれば、記録ヘッドの高周波特性や、非線形トランジションシフト(Non-linear Transition Shift; 以下、NLTSと記す。)や、重ね書きする場合の特性であるオーバーライト特性の優れた薄膜磁気ヘッドを提供することが可能となる。

【0072】また、本実施の形態によれば、薄膜コイル12の第1層部分12aを、下部磁極層の第1の部分8aの上であって第2の部分8bの側方に配置し、薄膜コイル12の第1層部分12aを覆う絶縁層13の上面を平坦化したので、記録ヘッドのトラック幅を規定する上部磁極層15を平坦な面の上に形成することができる。そのため、本実施の形態によれば、上部磁極層15の磁極部分15Aを、例えばハーフミクロン寸法やクォータミクロン寸法にも微細に形成可能となり、記録ヘッドのトラック幅の縮小が可能となる。これにより、今後要求される20～30ギガビット/(インチ)<sup>2</sup>の面記録密度を有する薄膜磁気ヘッドも実現可能となる。

【0073】また、本実施の形態では、記録ヘッドのトラック幅を規定する上部磁極層15がスロートハイトを規定するのではなく、下部磁極層の第2の部分8bがスロートハイトを規定する。従って、本実施の形態によれば、トラック幅が小さくなくても、スロートハイトを精度よく、均一に規定することが可能となる。

【0074】また、本実施の形態では、下部磁極層の第2の部分8bの側方に配置された薄膜コイル12の第1層部分12aを覆う絶縁層13を設け、この絶縁層13の上面を平坦化したので、その後に形成される記録ギャップ層14、上部磁極層15、薄膜コイル12の第2層部分12b等の形成が容易になる。

【0075】また、本実施の形態では、下部磁極層と、薄膜コイル12の第1層部分12aの間に、薄く且つ十分な絶縁耐圧が得られる無機材料よりなる絶縁膜10が設けられるので、下部磁極層と薄膜コイル12の第1層部分12aとの間に大きな絶縁耐圧を得ることができる。

【0076】また、本実施の形態では、図7に示したように、上部磁極層15は、スロートハイトゼロ位置TH0またはその近傍の位置よりもエアベアリング面30とは反対側の部分では、例えば3μm以上の一定の幅を有し、スロートハイトゼロ位置TH0またはその近傍の位置よりもエアベアリング面30側の部分では、ハーフミクロン寸法やクォータミクロン寸法の一定の幅を有している。そのため、上部磁極層15を通過する磁束は、スロートハイトゼロ位置TH0またはその近傍の位置よりもエアベアリング面30とは反対側の部分では飽和せず、スロートハイトゼロ位置TH0またはその近傍の位置よりもエアベアリング面30側の部分で飽和する。これにより、NLTSやオーバーライト特性を向上させることができる。

【0077】[第2の実施の形態] 次に、図8ないし図10を参照して、本発明の第2の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法について説明する。なお、図8および図9において、(a)はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(b)は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

【0078】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、薄膜コイルが、上部磁極層を中心にして螺旋状に2重に巻回されたものである。本実施の形態では、この薄膜コイルのうち、外側の部分を第1の部分といい、内側の部分を第2の部分という。なお、薄膜コイルの第1の部分と第2の部分は、いずれも、例えば銅によって形成される。

【0079】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、絶縁膜10を形成する工程までは、第1の実施の形態と同様である。図8に示したように、本実施の形態では、その後、絶縁膜10の上に、フレイムめっき法によって、薄膜コイルの第1の部分の第1層部分21aを、例えば約1.0～2.0μmの厚みに形成する。薄膜コイルの第1の部分の第1層部分21aは、下部磁極層の第2の部分8bの側方に配置される。また、薄膜コイルの第1の部分の第1層部分21aは、図8(a)における紙面に交差する方向に延びる複数の四角柱状の部分からなる。

【0080】次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層13を、約3~4 $\mu$ mの厚みに形成する。次に、例えばCMPによって、下部磁極層の第2の部分8bと第3の部分8cが露出するまで、絶縁層13を研磨して、表面を平坦化処理する。ここで、図8では、薄膜コイルの第1の部分の第1層部分21aは露出していないが、第1層部分21aが露出するようにしてもよい。

【0081】次に、下部磁極層の第2の部分8bと第3の部分8c、および絶縁層13の上に、記録ギャップ層14を例えば0.2~0.3 $\mu$ mの厚みに形成する。次に、下部磁極層の第3の部分8cの上において、記録ギャップ層14を部分的にエッチングしてコンタクトホールを形成する。

【0082】次に、記録ギャップ層14の上に、上部磁極層の磁極部分を形成する磁極部分層15aを1.0~3.0 $\mu$ mの厚みに形成すると共に、下部磁極層の第3の部分8cの上に形成されたコンタクトホールの位置に、磁性層15bを1.0~3.0 $\mu$ mの厚みに形成する。磁性層15bは、後述する上部磁極層のヨーク部分層と下部磁極層とを接続するための部分である。本実施の形態では、上部磁極層の磁極部分層15aの長さは、下部磁極層の第2の部分8bの長さ以上に形成される。

【0083】上部磁極層の磁極部分層15aおよび磁性層15bは、NiFe(Ni:80重量%, Fe:20重量%)や、高飽和磁束密度材料であるNiFe(Ni:45重量%, Fe:55重量%)等を用い、めっき法によって所定のパターンに形成してもよいし、高飽和磁束密度材料であるFeN, FeZrN等の材料を用い、スパッタ後、イオンミリング等によって選択的にエッチングして所定のパターンに形成してもよい。この他にも、高飽和磁束密度材料であるCoFe, Co系アモルファス材等を用いてもよい。

【0084】次に、上部磁極層の磁極部分層15aをマスクとして、ドライエッチングにより、記録ギャップ層14を選択的にエッチングし、次に、例えばアルゴンイオンミリングによって、下部磁極層の第2の部分8bを選択的に約0.3~0.6 $\mu$ m程度エッチングして、図8(b)に示したようなトリム構造とする。

【0085】次に、記録ギャップ層14の上のコイル形成領域に、例えばアルミナよりなる絶縁膜22を、約0.3~0.6 $\mu$ mの厚みに形成する。

【0086】次に、フレームめっき法によって、薄膜コイルの第2の部分の第1層部分23aを、例えば約1.0~2.0 $\mu$ mの厚みに形成する。薄膜コイルの第2の部分の第1層部分23aは、上部磁極層の磁極部分層15aの側方に配置される。また、薄膜コイルの第2の部分の第1層部分23aは、図8(a)における紙面に交差する方向に延びる複数の四角柱状の部分からなる。

【0087】次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層24を、約3~4 $\mu$ mの厚みに形成する。次に、例

えばCMPによって、上部磁極層の磁極部分層15aおよび磁性層15bが露出するまで、絶縁層24を研磨して、表面を平坦化処理する。

【0088】次に、図9に示したように、平坦化された上部磁極層の磁極部分層15aおよび磁性層15bと絶縁層24の上に、上部磁極層のヨーク部分を形成するヨーク部分層15cを、例えば約2~4 $\mu$ mの厚みに形成する。このヨーク部分層15cは、磁性層15bを介して、下部磁極層の第3の部分8cと接触し、磁気的に連結している。上部磁極層のヨーク部分層15cは、NiFe(Ni:80重量%, Fe:20重量%)や、高飽和磁束密度材料であるNiFe(Ni:45重量%, Fe:55重量%)等を用い、めっき法によって所定のパターンに形成してもよいし、高飽和磁束密度材料であるFeN, FeZrN等の材料を用い、スパッタ後、イオンミリング等によって選択的にエッチングして所定のパターンに形成してもよい。この他にも、高飽和磁束密度材料であるCoFe, Co系アモルファス材等を用いてもよい。また、高周波特性の改善のため、上部磁極層15を、無機系の絶縁膜とパーマロイ等の磁性層とを何層にも重ね合わせた構造としてもよい。

【0089】本実施の形態では、上部磁極層のヨーク部分層15cの記録媒体に対向する側(エアベアリング面30側)の端面は、薄膜磁気ヘッドの記録媒体に対向する面から離れた位置(図において右側)に配置されている。

【0090】次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁膜25を、約0.3~0.9 $\mu$ mの厚みに形成する。

【0091】次に、図示しないが、薄膜コイルの第2の部分の第1層部分23aの各四角柱部分における両端部の上側の部分において、例えば反応性イオンエッチングやイオンミリングによって、絶縁膜25および絶縁層24を貫通して薄膜コイルの第2の部分の第1層部分23aに達するようなコンタクトホールを形成する。

【0092】次に、上部磁極層のヨーク部分層15cの上に位置する絶縁膜25の上に、フレームめっき法によって、薄膜コイルの第2の部分の第2層部分23bを、例えば約1.0~2.0 $\mu$ mの厚みに形成する。薄膜コイルの第2の部分の第2層部分23bは、図9(a)における紙面に直交する方向に延びる複数の四角柱状の部分からなる。この薄膜コイルの第2の部分の第2層部分23bの各四角柱部分における両端部は、上記のコンタクトホールに薄膜コイルの材料が充填されて形成される連結部を介して、薄膜コイルの第2の部分の第1層部分23aの各四角柱部分における両端部に接続される。

【0093】次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層26を、例えば約6~8 $\mu$ mの厚みに形成し、その表面を平坦化する。

【0094】次に、図示しないが、薄膜コイルの第1の部分の第1層部分21aの各四角柱部分における両端部

の上側の部分において、例えば反応性イオンエッチングやイオンミリングによって、絶縁膜 26、絶縁膜 25、記録ギャップ層 14 および絶縁層 13 を貫通して薄膜コイルの第 1 の部分の第 1 層部分 21 a に達するようなコンタクトホールを形成する。

【0095】次に、絶縁層 26 の上に、フレームめっき法によって、薄膜コイルの第 1 の部分の第 2 層部分 21 b を、例えば約 1.0 ~ 2.0  $\mu\text{m}$  の厚みに形成する。

薄膜コイルの第 1 の部分の第 2 層部分 21 b は、図 9 (a) における紙面に直交する方向に延びる複数の四角柱状の部分からなる。この薄膜コイルの第 1 の部分の第 2 層部分 21 b の各四角柱部分における両端部は、上記のコンタクトホールに薄膜コイルの材料が充填されて形成される連結部を介して、薄膜コイルの第 1 の部分の第 1 層部分 21 a の各四角柱部分における両端部に接続される。

【0096】次に、全体に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層 17 を、例えば 20 ~ 40  $\mu\text{m}$  の厚みに形成し、その表面を平坦化して、その上に、図示しない電極用パッドを形成する。最後に、スライダの研磨加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面 30 を形成して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0097】本実施の形態では、磁極部分層 15 a、磁性層 15 b およびヨーク部分層 15 c よりなる上部磁極層が、本発明における第 2 の磁性層に対応する。

【0098】図 10 は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面図である。この図では、オーバーコート層や、その他の絶縁層および絶縁膜を省略している。この図において、符号 21 は、第 1 層部分 21 a と、第 2 層部分 21 b と、これらを連結する連結部 21 c とを含む薄膜コイルの第 1 の部分を表している。また、符号 23 は、第 1 層部分 23 a と、第 2 層部分 23 b と、これらを連結する連結部 23 c とを含む薄膜コイルの第 2 の部分を表している。薄膜コイルの第 1 の部分 21 の第 1 層部分 21 a と第 2 層部分 21 b は、連結部 21 c を介してジグザク形に連結されている。これにより、薄膜コイルの第 1 の部分 21 は、上部磁極層のヨーク部分層 15 c を中心にして螺旋状に巻回される。同様に、薄膜コイルの第 2 の部分 23 の第 1 層部分 23 a と第 2 層部分 23 b は、連結部 23 c を介してジグザク形に連結されている。これにより、薄膜コイルの第 2 の部分 23 は、上部磁極層のヨーク部分層 15 c を中心にして螺旋状に巻回される。

【0099】また、薄膜コイルの第 1 の部分 21 と第 2 の部分 23 は、連結部 29 によって連結される。連結部 29 は、絶縁膜 25、記録ギャップ層 14 および絶縁層 13 を貫通して薄膜コイルの第 1 の部分 21 の第 1 層部分 21 a に達するようなコンタクトホールに、薄膜コイルの材料が充填されて形成される。

【0100】図 9 に示したように、薄膜コイルの第 1 の部分 21 の第 1 層部分 21 a は、下部磁極層の第 2 の部分 8 b の側方を通過する。また、薄膜コイルの第 2 の部分 23 の第 1 層部分 23 a は、上部磁極層の磁極部分層 15 a の側方を通過する。

【0101】本実施の形態によれば、上部磁極層を中心にして 2 重に巻回された薄膜コイル 21、23 を設けたので、第 1 の実施の形態に比べて、薄膜コイルの起磁力を大きくすることができ、NLT S やオーバーライト特性をより向上させることができる。

【0102】また、本実施の形態によれば、薄膜コイルの第 1 の部分 21 の第 1 層部分 21 a を下部磁極層の第 2 の部分 8 b の側方に配置し、この第 1 層部分 21 a を覆う絶縁層 13 の上面を平坦化したので、上部磁極層の磁極部分層 15 a を平坦な面の上に形成することができる。従って、本実施の形態によれば、磁極部分層 15 a を、例えばハーフミクロン寸法やクォータミクロン寸法にも微細に形成可能となり、記録ヘッドのトラック幅の縮小が可能となる。

【0103】また、本実施の形態では、2 重に巻回された薄膜コイル 21、23 を設けているが、薄膜コイルの第 1 の部分 21 の第 1 層部分 21 a を下部磁極層の第 2 の部分 8 b の側方に配置すると共に、薄膜コイルの第 2 の部分 23 の第 1 層部分 23 a を上部磁極層の磁極部分層 15 a の側方に配置したので、上部磁極層のヨーク部分層 15 c を、平坦な面の上に形成することができる。そのため、本実施の形態によれば、ヨーク部分層 15 c も微細に形成可能となり、いわゆるサイドライトの発生を防止することが可能となる。

【0104】また、本実施の形態では、上部磁極層のヨーク部分層 15 c のエアベアリング面 30 側の端面を、薄膜磁気ヘッドのエアベアリング面 30 から離れた位置に配置している。そのため、スロートハイトが小さい場合でも、上部磁極層のヨーク部分層 15 c がエアベアリング面 30 に露出することがなく、その結果、サイドライトの発生を防止することができる。

【0105】本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 1 の実施の形態と同様である。

【0106】[第 3 の実施の形態] 次に、図 11 ないし図 13 を参照して、本発明の第 3 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法について説明する。なお、図 11 および図 12 において、(a) はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(b) は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

【0107】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、薄膜コイルが、下部磁極層を中心にして螺旋状に巻回された第 1 の部分と上部磁極層を中心にして螺旋状に巻回された第 2 の部分とを有するものである。なお、薄膜コイルの第 1 の部分と第 2 の部分は、いずれも、例えば銅によって形成される。



【0108】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、下部シールドギャップ膜4、MR素子5および上部シールドギャップ膜7を形成する工程までは、第1の実施の形態と同様である。図11に示したように、本実施の形態では、その後、MR素子5の上に位置する上部シールドギャップ膜7の上に、磁性材料からなる磁性層8dを、例えば約1〜2 $\mu$ mの厚みに形成する。この磁性層8dは、下部シールド層の一部をなす。次に、例えば反応性イオンエッチングやイオンミリングによって、薄膜コイルを形成する領域において、シールドギャップ膜4、7をエッチングすると共に、下部シールド層3を例えば約1〜2 $\mu$ mエッチングして、凹部を形成する。

【0109】次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁膜31を、約0.3〜0.6 $\mu$ mの厚みに形成する。次に、絶縁膜31の上に、フレームめっき法によって、薄膜コイルの第1の部分の第1層部分32aを、例えば約1.0〜2.0 $\mu$ mの厚みに形成する。薄膜コイルの第1の部分の第1層部分32aは、図11(a)における紙面に交差する方向に延びる複数の四角柱状の部分からなる。

【0110】次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層33を、約3〜4 $\mu$ mの厚みに形成する。次に、例えばCMPによって、磁性層8dが露出するまで、絶縁層33を研磨して、表面を平坦化処理する。

【0111】次に、図12に示したように、磁性層8dおよび絶縁層33の上に、下部磁極層の第1の部分8aを、約1.0〜2.0 $\mu$ mの厚みで、選択的に形成する。次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層9を、約3〜4 $\mu$ mの厚みに形成する。次に、例えばCMPによって、下部磁極層の第1の部分8aが露出するまで、絶縁層9を研磨して、表面を平坦化処理する。

【0112】次に、下部磁極層の第1の部分8aの上に、下部磁極層の第2の部分8bおよび第3の部分8cを、約1.5〜2.5 $\mu$ mの厚みに形成する。次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁膜10を、約0.3〜0.6 $\mu$ mの厚みに形成する。

【0113】次に、図示しないが、薄膜コイルの第1の部分の第1層部分32aの各四角柱部分における両端部の上側の部分において、例えば反応性イオンエッチングやイオンミリングによって、絶縁膜10および絶縁層33を貫通して薄膜コイルの第1の部分の第1層部分32aに達するようなコンタクトホールを形成する。

【0114】次に、絶縁膜10の上に、フレームめっき法によって、薄膜コイルの第1の部分の第2層部分32bを、例えば約1.0〜2.0 $\mu$ mの厚みに形成する。薄膜コイルの第1の部分の第2層部分32bは、下部磁極層の第2の部分8bの側方に配置される。また、薄膜コイルの第1の部分の第2層部分32bは、図12

(a)における紙面に直交する方向に延びる複数の四角

柱状の部分からなる。この薄膜コイルの第1の部分の第2層部分32bの各四角柱部分における両端部は、上記のコンタクトホールに薄膜コイルの材料が充填されて形成される連結部を介して、薄膜コイルの第1の部分の第1層部分32aの各四角柱部分における両端部に接続される。

【0115】次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層13を、約3〜4 $\mu$ mの厚みに形成する。次に、例えばCMPによって、下部磁極層の第2の部分8bと第3の部分8cが露出するまで、絶縁層13を研磨して、表面を平坦化処理する。ここで、図12では、薄膜コイルの第1の部分の第2層部分32bは露出していないが、第2層部分32bが露出するようにしてもよい。

【0116】次に、下部磁極層の第2の部分8bと第3の部分8c、および絶縁層13の上に、記録ギャップ層14を例えば0.2〜0.3 $\mu$ mの厚みに形成する。次に、下部磁極層の第3の部分8cの上において、記録ギャップ層14を部分的にエッチングしてコンタクトホールを形成する。

【0117】次に、記録ギャップ層14の上に、上部磁極層の磁極部分を形成する磁極部分層15aを1.0〜3.0 $\mu$ mの厚みに形成すると共に、下部磁極層の第3の部分8cの上に形成されたコンタクトホールの位置に、磁性層15bを1.0〜3.0 $\mu$ mの厚みに形成する。

【0118】次に、上部磁極層の磁極部分層15aをマスクとして、ドライエッチングにより、記録ギャップ層14を選択的にエッチングし、次に、例えばアルゴンイオンミリングによって、下部磁極層の第2の部分8bを選択的に約0.3〜0.6 $\mu$ m程度エッチングして、図12(b)に示したようなトリム構造とする。

【0119】次に、記録ギャップ層14の上のコイル形成領域に、例えばアルミナよりなる絶縁膜22を、約0.3〜0.6 $\mu$ mの厚みに形成する。次に、フレームめっき法によって、薄膜コイルの第2の部分の第1層部分34aを、例えば約1.0〜2.0 $\mu$ mの厚みに形成する。薄膜コイルの第2の部分の第1層部分34aは、上部磁極層の磁極部分層15aの側方に配置される。また、薄膜コイルの第2の部分の第1層部分34aは、図12(a)における紙面に交差する方向に延びる複数の四角柱状の部分からなる。

【0120】次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層24を、約3〜4 $\mu$ mの厚みに形成する。次に、例えばCMPによって、上部磁極層の磁極部分層15aおよび磁性層15bが露出するまで、絶縁層24を研磨して、表面を平坦化処理する。

【0121】次に、平坦化された上部磁極層の磁極部分層15aおよび磁性層15bと絶縁層24の上に、上部磁極層のヨーク部分を形成するヨーク部分層15cを、例えば約2〜4 $\mu$ mの厚みに形成する。

10

20

30

40

50



【0122】次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁膜25を、約0.3～0.9μmの厚みに形成する。

【0123】次に、図示しないが、薄膜コイルの第2の部分の第1層部分34aの各四角柱部分における両端部の上側の部分において、例えば反応性イオンエッチングやイオンミリングによって、絶縁膜25および絶縁層24を貫通して薄膜コイルの第2の部分の第1層部分34aに達するようなコンタクトホールを形成する。

【0124】次に、上部磁極層のヨーク部分層15cの上に位置する絶縁膜25の上に、フレームめっき法によって、薄膜コイルの第2の部分の第2層部分34bを、例えば約1.0～2.0μmの厚みに形成する。薄膜コイルの第2の部分の第2層部分34bは、図12(a)における紙面に直交する方向に伸びる複数の四角柱状の部分からなる。この薄膜コイルの第2の部分の第2層部分34bの各四角柱部分における両端部は、上記のコンタクトホールに薄膜コイルの材料が充填されて形成される連結部を介して、薄膜コイルの第2の部分の第1層部分34aの各四角柱部分における両端部に接続される。

【0125】次に、全体に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層27を、例えば20～40μmの厚みに形成し、その表面を平坦化して、その上に、図示しない電極用パッドを形成する。最後に、スライダの研磨加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面を形成して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0126】図13は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面図である。この図では、オーバーコート層や、その他の絶縁層および絶縁膜を省略している。この図において、符号32は、第1層部分32aと、第2層部分32bと、これらを連結する連結部32cとを含む薄膜コイルの第1の部分を表している。なお、図13では、薄膜コイルの第1の部分32の一部を省略している。また、符号34は、第1層部分34aと、第2層部分34bと、これらを連結する連結部34cとを含む薄膜コイルの第2の部分を表している。薄膜コイルの第1の部分32の第1層部分32aと第2層部分32bは、連結部32cを介してジグザク形に連結されている。これにより、薄膜コイルの第1の部分32は、下部磁極層の第1の部分8aを中心にして螺旋状に巻回される。同様に、薄膜コイルの第2の部分34の第1層部分34aと第2層部分34bは、連結部34cを介してジグザク形に連結されている。これにより、薄膜コイルの第2の部分34は、上部磁極層のヨーク部分層15cを中心にして螺旋状に巻回される。

【0127】また、薄膜コイルの第1の部分32と第2の部分34は、連結部39によって連結される。連結部39は、絶縁膜25、記録ギャップ層14および絶縁層13を貫通して薄膜コイルの第1の部分32の第2層部分32bに達するようなコンタクトホールに、薄膜コ

イルの材料が充填されて形成される。

【0128】図12に示したように、薄膜コイルの第1の部分32の第2層部分32bは、下部磁極層の第2の部分8bの側方を通過する。また、薄膜コイルの第2の部分34の第1層部分34aは、上部磁極層の磁極部分層15aの側方を通過する。

【0129】本実施の形態によれば、薄膜コイルが、下部磁極層を中心にして螺旋状に巻回された第1の部分32と上部磁極層を中心にして螺旋状に巻回された第2の部分34とを有するので、第1の実施の形態に比べて、薄膜コイルの起磁力を大きくすることができ、NLT Sやオーバーライト特性をより向上させることができる。

【0130】本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第1または第2の実施の形態と同様である。

【0131】本発明は、上記各実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、上記各実施の形態では、下部磁極層によってスロートハイトを規定するようにしたが、上部磁極層によってスロートハイトを規定するようにしてもよい。

【0132】また、上記各実施の形態では、基体側に読み取り用のMR素子を形成し、その上に、書き込み用の誘導型磁気変換素子を積層した構造の薄膜磁気ヘッドについて説明したが、この積層順序を逆にしてもよい。

【0133】つまり、基体側に書き込み用の誘導型磁気変換素子を形成し、その上に、読み取り用のMR素子を形成してもよい。このような構造は、例えば、上記実施の形態に示した上部磁極層の機能を有する磁性膜を下部磁極層として基体側に形成し、記録ギャップ膜を介して、それに対向するように上記実施の形態に示した下部磁極層の機能を有する磁性膜を上部磁極層として形成することにより実現できる。この場合、誘導型磁気変換素子の上部磁極層とMR素子の下部シールド層を兼用させることが好ましい。

【0134】また、本発明は、誘導型磁気変換素子のみを備えた記録専用の薄膜磁気ヘッドや、誘導型磁気変換素子によって記録と再生を行う薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。

【0135】

【発明の効果】以上説明したように請求項1ないし10のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドまたは請求項11ないし20のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、薄膜コイルは、一部が第1および第2の磁性層の間を通過し、且つ少なくとも一方の磁性層を中心にして螺旋状に巻回されるので、誘導型磁気変換素子の磁路長の縮小が可能になるという効果を奏する。また、本発明によれば、第1の磁性層は、薄膜コイルの一部に対向する第1の部分と、第1の部分における第2の磁性層側の面に接続され、磁極部分を形成する第2の部分とを有し、薄膜コイルの一部は、第1の磁性層の第2の部分

の側方に配置されるので、第2の磁性層を平坦な面上に形成することが可能となり、その結果、誘導型磁気変換素子のトラック幅の縮小が可能になるという効果を奏する。

【0136】また、請求項4記載の薄膜磁気ヘッドまたは請求項14記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、薄膜コイルが、第2の磁性層を中心にして螺旋状に2重に巻回されるので、更に、薄膜コイルの起磁力を大きくすることが可能になるという効果を奏する。

【0137】また、請求項5記載の薄膜磁気ヘッドまたは請求項15記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、薄膜コイルが、第1の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された第1の部分と第2の磁性層を中心にして螺旋状に巻回された第2の部分とを有するので、更に、薄膜コイルの起磁力を大きくすることが可能になるという効果を奏する。

【0138】また、請求項6記載の薄膜磁気ヘッドまたは請求項16記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第2の磁性層が、磁極部分を形成する磁極部分層と、この磁極部分層に接続され、ヨーク部分を形成するヨーク部分層とを有し、第2の磁性層のヨーク部分層の記録媒体に対向する側の端面を、薄膜磁気ヘッドの記録媒体に対向する面から離れた位置に配置したので、更に、記録すべき領域以外の領域にもデータを書き込んでしまうことを防止することができるという効果を奏する。

【0139】また、請求項7記載の薄膜磁気ヘッドまたは請求項17記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第1の磁性層の第2の部分がスロートハイトを規定し、第2の磁性層が記録トラック幅を規定するようにしたので、更に、トラック幅が小さくなくても、スロートハイトを精度よく、均一に規定することが可能になるという効果を奏する。

【0140】また、請求項8記載の薄膜磁気ヘッドまたは請求項18記載の薄膜磁気ヘッドによれば、第1の磁性層の第2の部分の側方に配置された薄膜コイルの一部を覆い、記録ギャップ層側の面が平坦化された絶縁層を設けたので、更に、記録ギャップ層や第2の磁性層等の形成が容易になるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図であ

ある。

【図2】図1に続く工程を説明するための断面図である。

【図3】図2に続く工程を説明するための断面図である。

【図4】図3に続く工程を説明するための断面図である。

【図5】図4に続く工程を説明するための断面図である。

【図6】図5に続く工程を説明するための断面図である。

【図7】本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図9】本発明の第2の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの断面図である。

【図10】本発明の第2の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面図である。

【図11】本発明の第3の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図12】本発明の第3の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの断面図である。

【図13】本発明の第3の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面図である。

【図14】従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図15】図14に続く工程を説明するための断面図である。

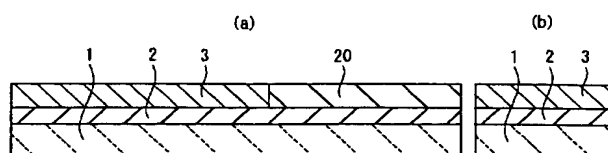
【図16】図15に続く工程を説明するための断面図である。

【図17】図16に続く工程を説明するための断面図である。

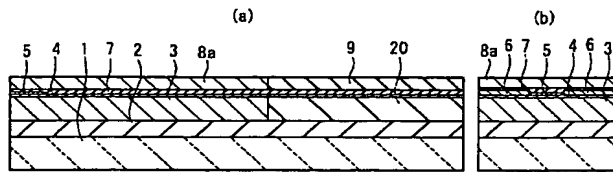
【符号の説明】

1…基板、2…絶縁層、3…下部シールド層、5…MR素子、8a…下部磁極層の第1の部分、8b…下部磁極層の第2の部分、10…絶縁膜、12a…薄膜コイルの第1層部分、12b…薄膜コイルの第2層部分、13…絶縁層、14…記録ギャップ層、15…上部磁極層、16…絶縁膜、17…オーバーコート層。

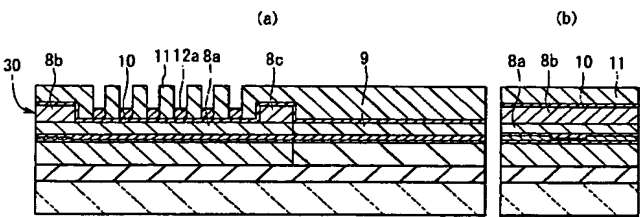
【図1】



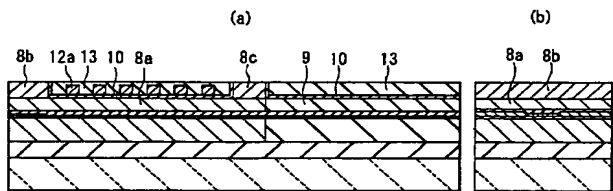
【図 2】



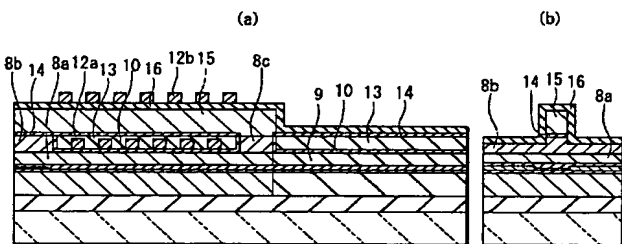
【図 3】



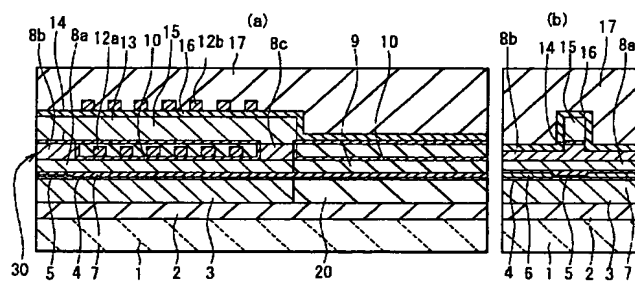
【図 4】



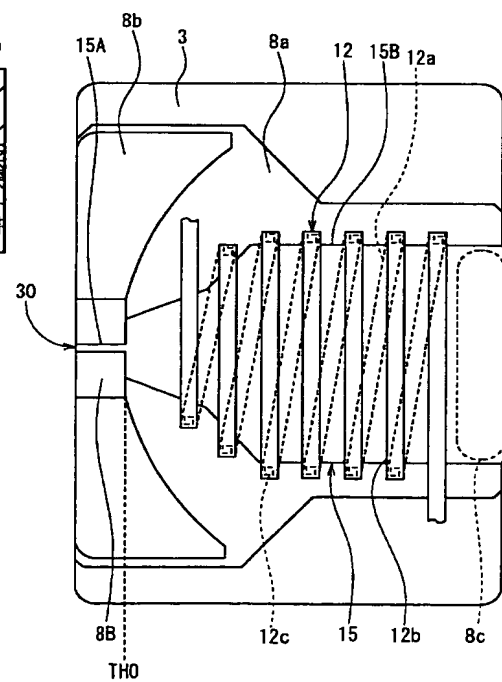
【図 5】



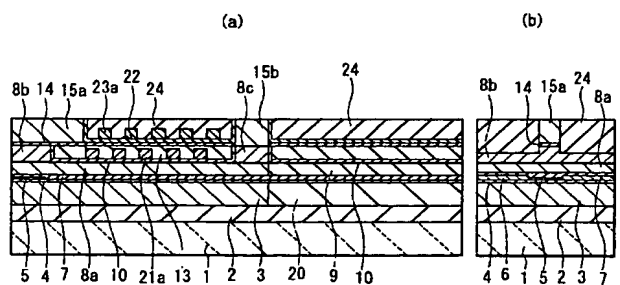
【図 6】



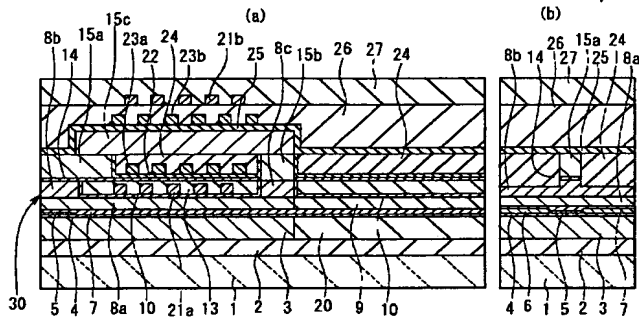
【図 7】



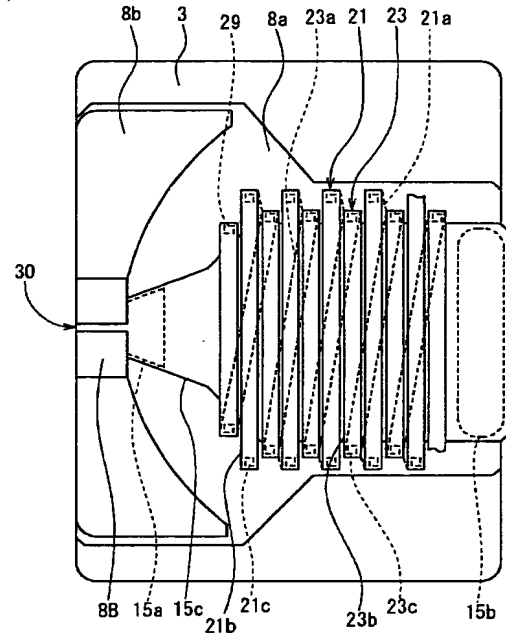
【図 8】



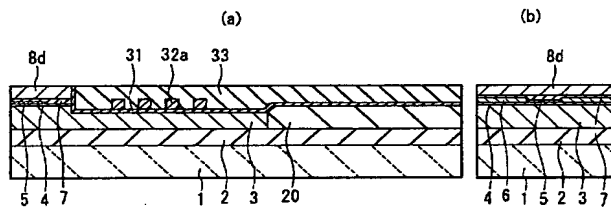
【図 9】



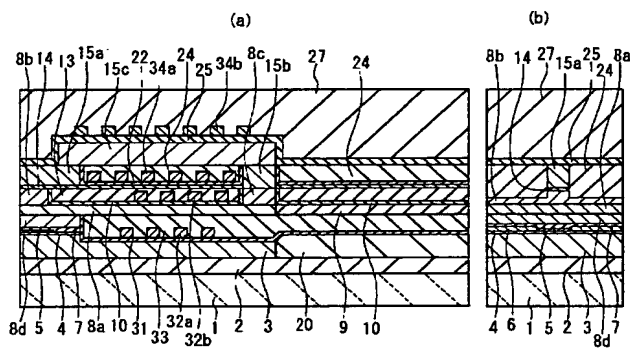
【図 10】



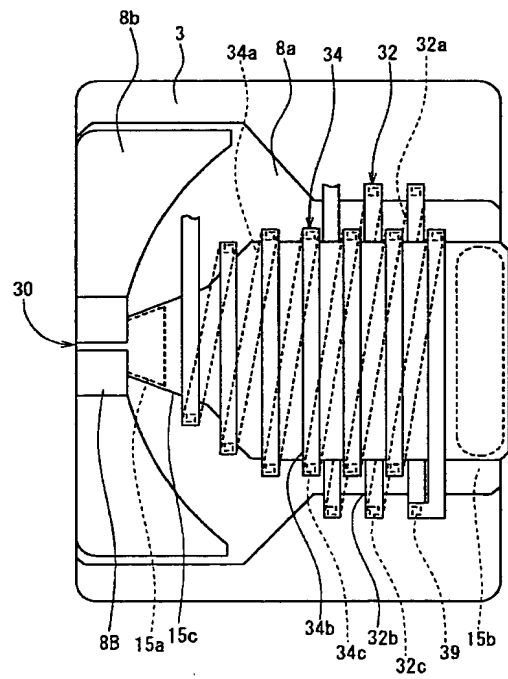
【図 11】



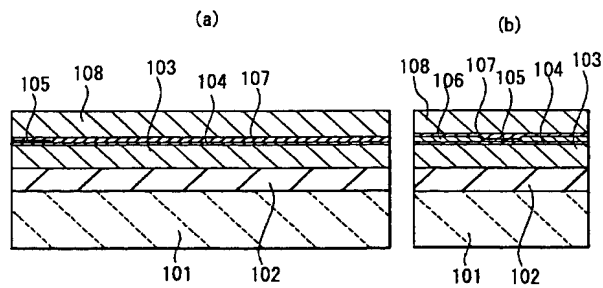
【図 12】



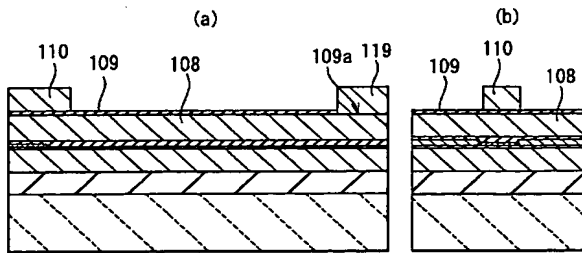
【図 13】



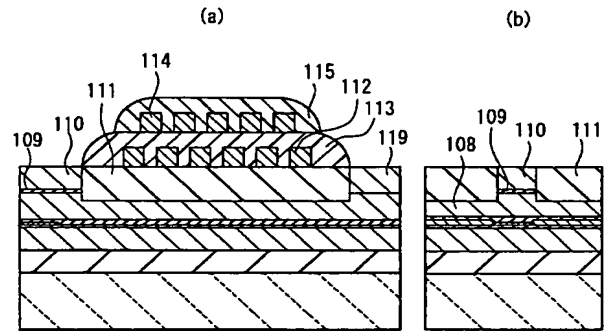
【図 14】



【図15】



【図16】



【図17】

